Contiene CD ROM con Manuales, Textos y Programas

Con el aval de:





ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA

Precio en: Argentina: $8,90
México $20 M.N.
Venezuela: $10,000.00
Colombia: $14,000.00
Otros Países: U$S6

Electricidad y Electrónica
Conducción de la Corriente Eléctrica
Resistencia Eléctrica
Ley de Ohm

EL CD POSEE UN MANUAL DE COMPONENTES INTERACTIVO, VIDEOS Y MUCHO MAS

Contenido del CD:

Enciclopedia Visual: Tomos 1 a 4

Curso de Electrónica con Prácticas y Evaluaciones: Lecciones 1 a 4

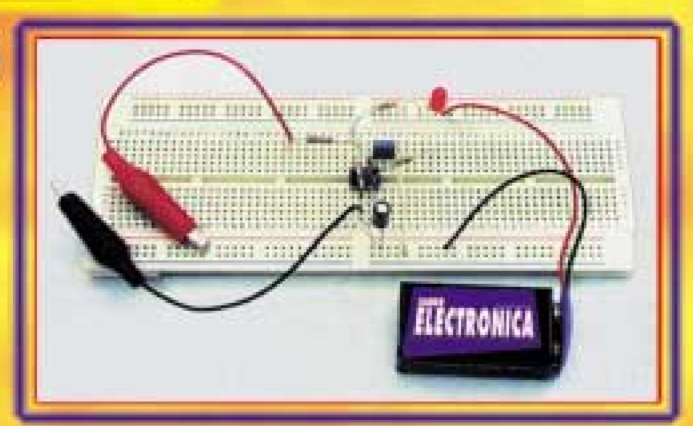
Video: Manejo del Multímetro

Programas: Manual de 90.000 Componentes y Reemplazos, Construcción de Circuitos Impresos por Computadora, Programadores y Lectores, Utilitarios y mucho más...



AUDIO, TV, VIDEO





TEORIA Y PRACTICA

ISBN: 987-1116-10-1



PRESENTA

ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA

TOMO 1

Coordinado por: Ing. Horacio D. Vallejo

Editado por:
EDITORIAL QUARK S.R.L.
Herrera 761/63 (1295) Buenos Aires, Argentina
Tel./fax: (0054-11) 4301-8804

Director: Horacio D. Vallejo

Impresión: Talleres Gráficos OFAN S.R.L, Bs. As., Argentina - abril 2003.

Distribución en Argentina: Capital: Distribuidora Cancellaro e Hijo SH, Gutemberg 3258, Buenos Aires - Interior: Distribuidora Bertrán S.A.C., Av. Vélez Sarsfield 1950, Buenos Aires
Distribución en Uruguay: Rodesol SA, Ciudadela, Montevideo.
Distribución en México: Saber Internacional SA de CV, Hidalgo 7A, Ecatepec de Morelos, Ed. México, México, (0155) 5787-8140
Distribución en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Paraguay, Chile y Centroamérica: Solicitar distribuidor al (005411)4301-8804 o por Internet a:

www.webelectronica.com.ar

(Los compradores de esta edición tienen acceso a información adicional con el password: enci1)

ISBN Obra Completa: 987-1116-10-1
ISBN Tomo: 987-1116-11-X

Prólogo

La "Enciclopedia de Electrónica Básica", es una obra de 6 tomos acompañada de CDs MULTIMEDIA y bibliografía adicional que se puede bajar gratuitamente desde Internet con las claves dadas en diferentes párrafos de cada tomo y de los CDs.

La Enciclopedia tiene como objeto mostrar las bases, leyes y postulados de la electricidad y la electrónica además de introducir al lector en esta disciplina que abarca varias ramas ya sea en la electrónica analógica como en la digital.

A lo largo de los 6 tomos aprenderá qué es la electricidad, qué es la electrónica, circuitos, leyes, construcción de prototipos, montajes, diseño de circuitos, armado de placas, construcción de circuitos impresos, programaciones básicas, etc.

Tendrá abundante material de consulta que no puede faltar de su biblioteca. La obra está dirigida a todo el público en general interesado en aprender electrónica básica y saber cómo se manejan los instrumentos (multímetro, osciloscopio, generador de funciones, inyector de señales, analizador dinámico, fuente de alimentación, etc.) pero sobre todo está orientado a estudiantes, aficionados y docentes, dado que cada tema se explica desde el comienzo, presumiendo que el lector no posee conocimientos previos de la especialidad. La Enciclopedia se complementa con CDs y bibliografía adicional a la que puede acceder por Internet dirigiéndose a: www.webelectronica.com.ar. Debe hacer click en el ícono PASSWORD y luego ingresar las claves que se dan en los CDs.

Nota de Redacción: Esta enciclop[edia posee temas que se desarrollan también en el CD "Enciclopedia Visual de la Electrónica" y en "Teoría Servicio y Montajes". Esto es así porque los postulados de la electrónica son siempre los mismos y empleamos igual bibliografía para cada caso. Sin embargo, en la medida que avanza la obra, notará que la que está leyendo en estos momentos está dirigida a que Ud. "aprenda" electrónica mientras que "Teoría, Servicio y Montajes" está orientada a los técnicos reparadores. Por otra parte, en los CDs de esta Enciclopedia encontrará abundante material práctico que no posee la "Enciclopedia Visual". Por lo dicho, aclaramos que son tres productos creados con diferentes objetivos aunque algunos de los temas tratados sean los mismos.

INDICE

Vivimos en una época de constantes avances científicos, en la que surgen tecnologías que inducen a la creación de nuevas corrientes, éstas a su vez modifican la cultura y todo debido a la aplicación de la electrónica en sus diferentes ramas.

QUÉ ES LA ELECTRÓNICA

Introducción

El curso de la humanidad ha tenido un cambio radical con el desarrollo tecnológico propiciado por la expansión de la electrónica y, en especial, por el crecimiento masivo de las comunicaciones.

Durante mucho tiempo los únicos medios de transporte fueron el barco y la carroza; sólo a través de ellos era posible la comunicación que se limitaba a fuentes orales y escritas. Y como el desarrollo cultural de las naciones es paralelo al incremento cualitativo de los medios de comunicación, resultaron muy lentos los cambios políticos, sociales y científicos en los siglos en que la electrónica aún no existía.

Figura 1



En la actualidad, los medios de comunicación se han diversificado notablemente y con frecuencia surgen nuevas posibilidades. De esta manera, el teléfono, la radio, la televisión, el fax y la red mundial internet constituyen claros ejemplos de ello, ya que todos se soportan por complejas redes de cable y fibra óptica, por satélites, antenas parabólicas y sistemas computarizados (figura 1). Los conocimientos y noticias hoy pueden difundirse por todo el mundo en cuestión de segundos, y toma unas horas recibir datos de otros planetas, puesto que existen naves espaciales *-controladas por computadoras-* que envían a la Tierra información sobre sus viajes; tal es el caso de las famosas sondas Voyager y del Viking 2, este último enviado al planeta Marte en 1976. Tenemos pues, la fortuna de vivir en una época de constantes avances científicos, en la que surgen tecnologías que inducen la creación de nuevas corrientes; éstas a su vez modifican la cultura en todo el mundo, y todo gracias a la aplicación de la electrónica.

Figura 2

Física
- Mecánica
  - Dinámica
  - Estática
  - Cinética
- Termodinámica
- Acústica
- Optica → Espectroscopía
- Electricidad
  - Electromagnetismo
  - ***Electrónica*** - Estudio sobre el comportamiento de los electrones en el vacío
- Física moderna
  - Mecánica cuántica
  - Física nuclear
- Astronomía → Astrofísica

Orígenes de la Electrónica

Es indudable la importancia que tiene la electrónica en la actualidad (figura 2).

¿Exactamente de qué se ocupa esta disciplina?

La electrónica es una subdivisión de la electricidad (a su vez una rama de la Física), que se origina hacia fines del siglo XIX con la realización de experimentos y observaciones sobre el comportamiento de los electrones en el vacío.

En efecto, el origen de la electrónica puede ubicarse hacia 1883, cuando el inventor estadounidense Thomas Alva Edison descubrió la emisión termoiónica en los filamentos de las lámparas incandescentes. Observó que en su lámpara incandescente había un punto sobre la superficie del vidrio que se calentaba más que otras zonas. En este punto colocó, en el in-

terior de la lámpara, una pequeña placa de metal unida a un cable conductor, y luego se le ocurrió conectar éste al polo positivo de la batería; finalmente observó que a través del cable circulaba una corriente. A este fenómeno le llamó emisión termoiónica porque creía que por efectos del calor se producían iones negativos (electrones) que eran atraídos hacia la placa positiva.

En 1905, el investigador inglés John Ambrose Fleming aplicó el efecto termoiónico en sus experimentos, dando origen a un tubo de vacío llamado diodo. Este dispositivo estaba formado por tres elementos: un filamento que generaba calor, un cátodo revestido de un material que permitía una mayor producción de electrones, y una placa. El diodo dejaba fluir la corriente eléctrica desde el cátodo hacia la placa pero nunca en sentido opuesto.

Más adelante, en 1906, el estadounidense Lee de Forest añadió un tercer electrodo (rejilla) con el que se podía controlar el flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo. Este dispositivo recibió el nombre de triodo.

El diodo elaborado por Fleming, con el que se hacía que la corriente circulara en un solo sentido, no sólo fue vital en la conversión de la corriente alterna en directa, sino que también marcó el inicio de la tecnología electrónica. Por su parte, el triodo realizado por Lee de Forest permitió la construcción del amplificador de los circuitos osciladores que a la postre sería la base de las telecomunicaciones por ondas de radio. Por esta razón, a Edison, Fleming y Lee de Forest se les considera precursores de la electrónica; les sucedieron numerosos científicos e investigadores, cuya tarea fue seguir experimentando en este vasto campo (figura 3).

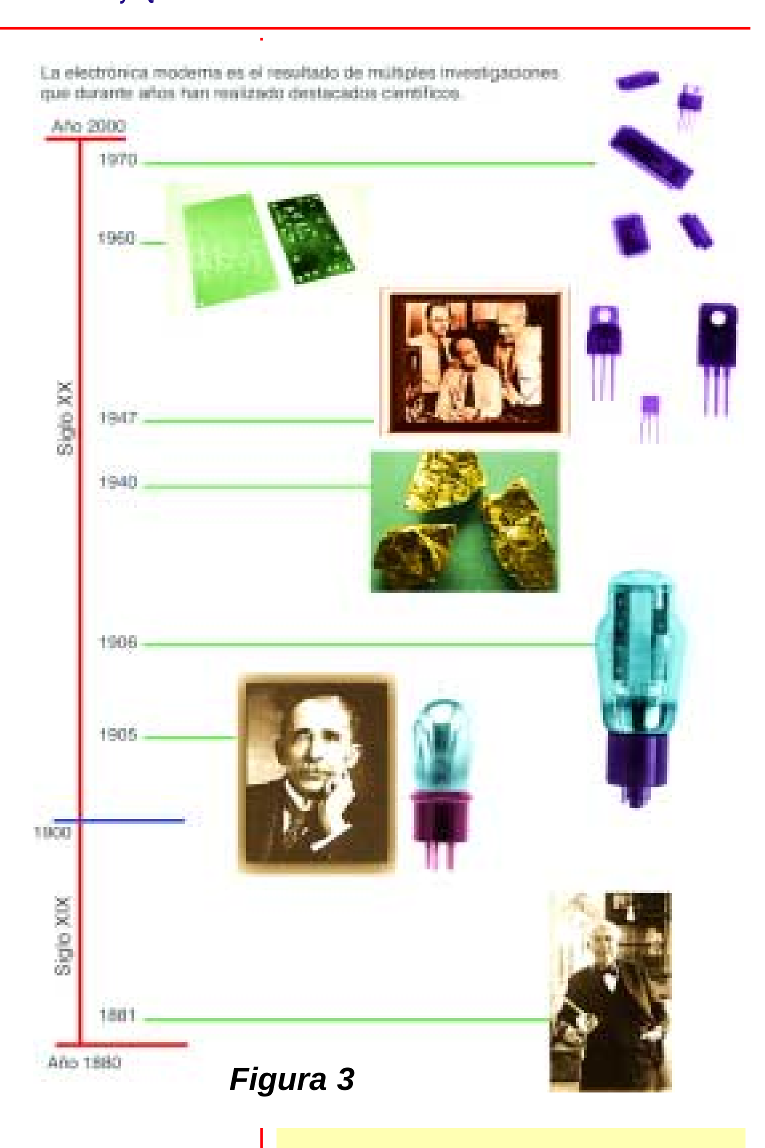


Figura 3

Definición y Objeto de Estudio de la Electrónica

Por su origen, la electrónica puede definirse como:

"La ciencia que estudia el comportamiento de los electrones cuando éstos viajan a través de tubos al vacío o de gases raros".

Sin embargo, bajo una conceptualización moderna, puede decirse que la electrónica es:

"El campo de la ingeniería que estudia el aprovechamiento del flujo de electrones en dispositivos semiconductores, para generar, recibir, almacenar y transmitir información en forma de señales eléctricas".

Esta información, a su vez, consiste en imágenes (como las de un televisor o cámara de video), sonidos (como los de un receptor de radio) y datos (como los de las computadoras).

¿Cómo un flujo de electrones puede transmitir información?

El flujo de electrones (corriente eléctrica) que circula a través de los dispositivos que forman un aparato electrónico, genera diversos fenómenos; por ejemplo, el choque de electrones sobre una superficie de fósforo provoca emisión de luz (principio en el que se basa el funcionamiento de los televisores). La in-

Puede decirse que la electrónica nace con el descubrimiento de la emisión termoiónica.

El diodo elaborado por Fleming en 1905, con el que se hacía que la corriente circulara en un solo sentido, no sólo fue vital en la conversión de la corriente alterna en directa, sino que también marcó el inicio de la tecnología electrónica.

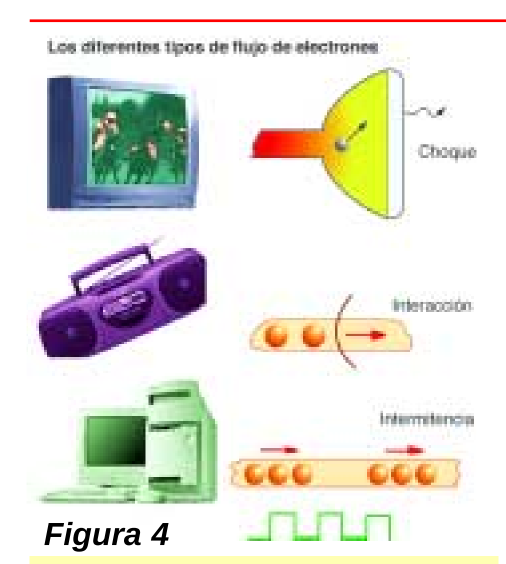


Figura 4

La electrónica puede definirse como la ciencia que estudia el comportamiento de los electrones cuando éstos viajan a través de tubos al vacío o de gases raros.

teracción entre un campo magnético generado por el movimiento de los electrones a través de un conductor y el campo magnético de un imán en las bocinas, es aprovechada para generar un movimiento vibrante en el cono rígido de estas mismas; a su vez, el cono transmite la vibración al aire para así generar el sonido. El flujo intermitente de electrones entre los diversos dispositivos de una computadora (como si fuera clave Morse), permite la transmisión de datos, etc. (figura 4).

No obstante, para que ocurran estos fenómenos es necesario modificar las características de la corriente eléctrica, tal como se estudiará a lo largo del curso.

Diferencia Entre Aparato Eléctrico y Aparato Electrónico

Pensemos primero en un aparato eléctrico (una plancha, una licuadora o una aspiradora); luego intentemos compararlo con un aparato electrónico (una videograbadora, un televisor o una computadora). La diferencia entre ambas clases de aparatos radica sencillamente en la función que cumplen. En efecto, mientras que un aparato eléctrico tiene como objetivo producir un trabajo mecánico o irradiar energía en forma de luz o calor, la función primordial de un aparato electrónico es procesar información. Y aunque los dos requieren de la electricidad para funcionar, no hay lugar a dudas de que son completamente distintos.

¿En qué consiste esa diferencia?

Un aparato eléctrico, básicamente, aprovecha la energía o potencia que le suministra una carga eléctrica, para *-como ya se mencionó-* ejecutar un trabajo mecánico o producir luz o calor, en tanto que un aparato electrónico fundamentalmente aprovecha las cualidades de la corriente eléctrica para convertir, transportar y procesar información (figura 5).

De lo anterior podemos deducir que la electrónica como parte de la electricidad tiene un campo de estudio bien delimitado, aunque las dos áreas están relacionadas con el estudio del comportamiento de las cargas eléctricas.

Específicamente, la electricidad se ocupa del estudio de la corriente eléctrica (esto es, su generación, distribución y aprovechamiento directo), mientras que la electrónica es la ciencia que aprovecha la misma energía eléctrica pero ya procesada en forma de señales de audio, video, etc.

Precisamente porque la electrónica es parte de la electricidad, en este tomo y en algunos posteriores se analizan algunos fenómenos eléctricos.

Figura 5



Un Acercamiento a la Historia de la Electricidad

La electricidad es un fenómeno asociado a las cargas eléctricas y su interacción entre ellas. Cuando una carga es estacionaria o estática produce fuerzas sobre objetos en regiones adyacentes, y cuando está en movimiento produce efectos magnéticos. Como tal, la

electricidad es una de las manifestaciones de energía que más beneficios ha dado al ser humano.

Con ella ha producido luz, calor, movimiento, sonido, etc, aunque lograrlo no ha sido nada fácil. Tuvieron que pasar 2000 años desde su descubrimiento para que fuera aprovechada en algo realmente útil: el telégrafo, inventado por Morse en el siglo XIX.

El resplandor de la antigua Grecia en su período clásico, produjo un efecto profundo sobre la cultura en el ámbito mundial; incluso, sus alcances perduran en nuestros días. Dentro de sus múltiples contribuciones, se atribuye a los griegos el descubrimiento de la electricidad; la Historia registra que experimentaron con este fenómeno al frotar un pedazo de ámbar (resina fósil de color amarillo) contra la piel de un animal; observaron que como resultado de esta acción, el ámbar atraía pedazos pequeños de hojas secas y virutas de madera.



De hecho, el mismo principio puede seguirse para comprobar el fenómeno de la electricidad. Así que como experimento, frote una regla de plástico en su cabello y luego acérquela a pequeños pedazos de papel; observará cómo son atraídos por ella (figura 6).

El término ***"electricidad"*** proviene de la palabra griega elektrón, que significa "ámbar"; pero no fue propuesto por los griegos, sino por William Gilbert en el siglo XVI. Gilbert, de nacionalidad inglesa, hizo una modesta clasificación de los materiales: si al frotarlos atraían pedazos de otros materiales ligeros, los denominaba "eléctricos"; si no era así, los llamaba como "no eléctricos".

Después, en el siglo XVII Charles Du Fay comprobó que el vidrio podía atraer, al igual que el ámbar, pequeños trozos de materiales ligeros. Sin embargo, también descubrió que a partir de un segundo intento, los materiales mostraban repulsión en vez de atracción hacia el vidrio; entonces dedujo que podían existir dos clases de electricidad. A éstas, el estadounidense Benjamin Franklin las llamó finalmente electricidad positiva y electricidad negativa.

Un aparato eléctrico aprovecha la energía que le suministra una carga eléctrica, para ejecutar un trabajo mecánico o producir luz o calor, en tanto que un aparato electrónico aprovecha las cualidades de la corriente eléctrica para convertir, transportar y procesar información.

Para entender correctamente el concepto de electricidad y las clases propuestas por Benjamin Franklin (negativa y positiva), es necesario conocer primero los componentes estructurales de la materia, que es de lo que nos ocuparemos enseguida. Le sugerimos que antes consulte el cuadro 1, donde se describen algunos datos relacionados con la historia de la electricidad.

Hasta aquí hemos dado una pequeña parte de la historia de la electricidad y la electrónica.

Recuerde que esta enciclopedia está destinada a estudiantes, aficionados, docentes y todos los amantes de la electrónica que deseen tener una obra de consulta



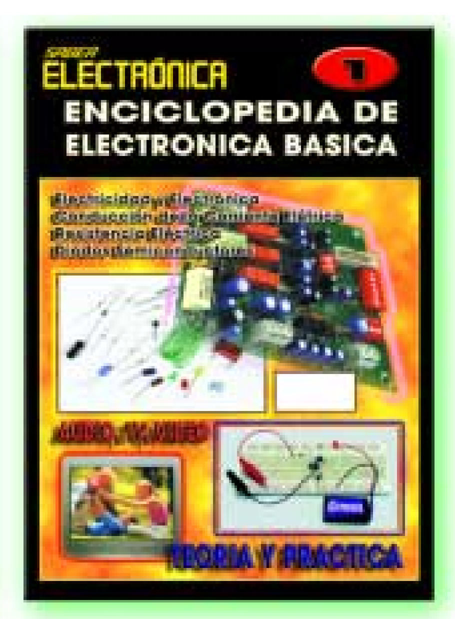


Figura 7: ***Se comenzará a publicar la "Enciclopedia de Electrónica Básica", obra que Ud. está leyendo y está destinada a estudiantes, aficionados y docentes. Por otra parte, ya está en los mejores puestos de periódicos el fascículo 19 de la enciclopedia "Teoría, Servicio y Montajes" que enseña a realizar el servicio a equipos electrónicos y contiene gran cantidad de proyectos y montajes (vea en el texto cómo conseguir todos los fascículos de esta obra).***

Cuadro 1

Desarrollo de estudios sobre la electricidad

Fenómenos electrostáticos Tales de Mileto (600 a.C.) fue el primero en comprobar que frotando un trozo de ámbar (electrón) contra un paño de piel, se atraían partículas de paja.	**Electromagnetismo** André-Marie Ampère (1823) establece los principios de la electrodinámica; experimentó con conductores, y determinó que éstos se atraen si las corrientes fluyen en la misma dirección y se repelen cuando fluyen en contra. El *Ampere* es la unidad de medidad de la corriente eléctrica.
Fenómenos magnéticos William Gilbert (1600) investigó la reacción del ámbar y de los electroimanes. Fue el primero en utilizar la palabra "electricidad". *Gilbert* es la unidad de medida de la fuerza magneto-motriz.	**Ley de Ohm** George Simon Ohm (1826) formuló con exactitud la Ley de las Corrientes Eléctricas, definiendo la relación exacta entre tensión y corriente. El *Ohm* es la medida de la resistencia eléctrica.
1a. Máquina electrostática Otto Van Guericke (1672) desarrolló la primera máquina para producir cargas eléctricas.	**Bobina de Henry** Joseph Henry (1828) perfeccionó los electroimanes; observó que la polaridad cambia al cambiar la dirección del fluido de la corriente. Desarrolló el término de "inductancia propia". El Henry es la medida de la inductancia eléctrica.
La botella de Leyden Von Kleist y Van Musschen Broeck (1745) desarrollan la botella de Leyden, donde se almacena electricidad estática; esto daría paso al desarrollo del condensador eléctrico.	**Campo eléctrico** Michael Faraday (1831) establece que el magnetismo produce electricidad a través del movimiento. La tensión inducida en la bobina que se mueve en un campo magnético no uniforme, fue demostrada en el primer generador. *Faradio* es la medida de la capacitancia eléctrica.
Teoría del fluido eléctrico Benjamin Franklin (1752) desarrolló la teoría que considera a la electricidad como un fluido que existe en la materia, y cuyo flujo depende del exceso o defecto del mismo.	**Lámpara incandescente** Thomas Alva Edison (1881) produce la primera lámpara incandescente con un filamento de algodón, el cual permaneció encendido por 44 horas.
La ley de cargas Agustín de Coulomb (1776) inventó la balanza de torsión, con la cual logró medir con exactitud la fuerza de las cargas eléctricas.	**Ondas electromagnéticas** Heinrich Hertz (1884) perfecciona la teoría de Maxwell (propagación, polarización y reflexión de las ondas electromagnéticas), con lo cual abre la puerta para el desarrollo de las ondas de radio. *Hertz* es la unidad de medida de la frecuencia.
Pila voltaica Alessandro Volta (1800) construye la primera celda electrostática y la batería, capaz de reproducir corriente eléctrica. Demostró que cuando dos metales distintos y una sustancia química entran en contacto, pueden producir corriente eléctrica. Para ello, colocó láminas de plata y zinc en una solución salina.	**Motor eléctrico, bobina Tesla** Nikola Tesla (1888) desarrolló la teoría de los campos rodantes. Se le considera el padre del sistema eléctrico que hoy en día disfrutamos. *Tesla* es la unidad de medida de la densidad de flujo magnético.
Relación electridad-magnetismo Hans Christian Oersted (1819) descubre el electromagnetismo, cuando accidentalmente coloca una brújula cerca de un cable energizado por una pila voltaica. Este descubrimiento fue crucial para el desarrollo de la electricidad. *Oersted* es la unidad de medida de la reluctancia magnética.	**Superconductividad** Kamerlingh Onnes (1911) descubrió que la resistencia de algunos conductores eléctricos desaparece repentinamente cuando éstos alcanzan una temperatura cercana al cero absoluto (-273°C).

permanente. Por otra parte, también les recordamos que Editorial Quark está editando otra enciclopedia, nos referimos a ***"Teoría, Servicio y Montajes"*** que posee 24 tomos, 6 CDs y abundante información adicional que se actualiza periódicamente. Esta segunda enciclopedia lo prepara para "la reparación de equipos electrónicos" y si bien enseña los conceptos de la electrónica en los prime-

ros fascículos, se orienta más a la tecnología, mantenimiento y servicio de equipos de audio, TV, video y comunicaciones.
Si bien en los puestos de periódico hoy se encuentra el fascículo 19 de la Enciclopedia ***"Teoría, Servicio y Montajes"*** (vea la figura 7), Ud. puede conseguir los 18 fascículos y los 3 primeros CDs de la obra por sólo $300 M.N. (en México) llamando al (0155) 5882-5664 o dejar su mensaje al (0155) 5787-8140 para que nos comuniquemos con Ud. (no olvide dejar su teléfono, sin importar la localidad de la República desde donde llame) y le enviamos la obra a su domicilio. En Argentina puede llamar al 4301-8804 y para otros países puede consultar al distribuidor autorizado en **www.webelectronica.com.ar**

LAS BASES DE LA ELECTRÓNICA

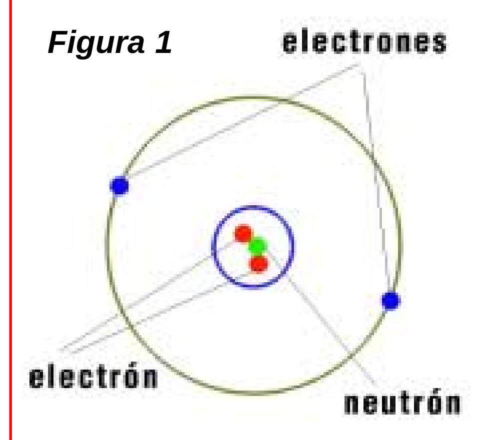
Estructura Atómica

***Atomos:* protones, electrones y neutrones**
La corriente eléctrica es el paso de electrones por un conductor. Dichos electrones están en todas las cosas pero arraigados a la estructura de un átomo constituyente de un elemento químico.
Para aclarar el tema, digamos que todos los cuerpos están formados por elementos químicos (el agua, por ejemplo, está formada por los elementos químicos hidrógeno y oxígeno), y que un átomo es la parte más pequeña a la que puede ser reducido un elemento químico.

Constitución del átomo:
Si se pudiera dividir el átomo de un elemento, tendríamos pequeñísimas partículas que son las que dan a los átomos sus particulares características.
Debemos saber que un átomo de un elemento se diferencia de un átomo de otro elemento en el número de ciertas partículas subatómicas que tiene cada uno de ellos, y éstos son los electrones.
En el centro del átomo está el núcleo, que tiene dos clases de partículas: los protones y los neutrones; alrededor del núcleo giran los electrones en órbitas electrónicas, así como ocurre con los planetas que giran en torno al Sol. Una característica importantísima de los protones y neutrones es que tienen carga eléctrica, vale decir: tienen una energía intrínseca y natural, puesta de manifiesto por las fuerzas que pueden ejercer sobre otras partículas del mismo tipo y que originan fenómenos de atracción y repulsión entre partículas cargadas eléctricamente. Se ha constatado que dos electrones o dos protones se repelen entre sí; es indudable que las dos partículas tienen cargas eléctricas de distinto signo: se las denominó carga eléctrica positiva (+) al protón y, al electrón, carga eléctrica negativa (-).
Sin embargo, los neutrones del núcleo son partículas que tienen igual cantidad de carga positiva que de negativa; por lo tanto, tiene un efecto neutro por la anulación mutua entre los dos, el neutrón no ejerce fuerza eléctrica sobre un electrón o protón y tiene la función de separar los protones que están en el núcleo. Un átomo es eléctricamente neutro y eso quiere decir que la cantidad de electrones es igual al número de protones; ese número de electrones se deno-

La electricidad se ocupa del estudio de la corriente eléctrica, mientras que la electrónica es la ciencia que aprovecha la misma energía eléctrica pero ya procesada en forma de señales de audio, video, etc.

El término "electricidad" proviene de la palabra griega elektrón, que significa "ámbar"; pero no fue propuesto por los griegos, sino por William Gilbert en el siglo XVI. Gilbert, de nacionalidad inglesa, hizo una modesta clasificación de los materiales: si al frotarlos atraían pedazos de otros materiales ligeros, los denominaba "eléctricos"; si no era así, los llamaba como "no eléctricos".



La electrónica es como un lenguaje: quien conoce sus principios, domina sus técnicas.

Un conductor de la corriente eléctrica es aquel material que ofrece muy poca resistencia al paso de los electrones (cobre, plata, oro, platino, etc.) Un aislante de la corriente eléctrica es todo aquel material que ofrece una elevada resistencia al paso de los electrones.

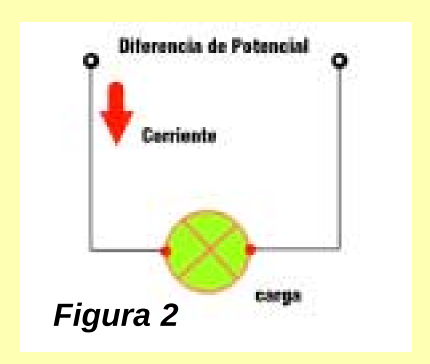


Figura 2

mina **"NUMERO ATOMICO"**. Los neutrones tienen intervención en la masa atómica, que está prácticamente en el núcleo; el resto es espacio vacío donde los electrones giran a grandes velocidades (figura 1).

Iones positivos y negativos

Cuando por cualquier circunstancia un átomo gana o pierde electrones, se dice que dicho átomo se ha ionizado.

Se denomina ***ION POSITIVO*** cuando el átomo tiene más protones que electrones e ***ION NEGATIVO*** cuando tiene más electrones que protones. Como cargas de distinto signo se atraen, cuando están cerca iones negativos y positivos, éstos se unen, pero también puede ocurrir que solamente se desprendan los electrones que tiene de más el ión negativo y se dirijan hacia el ión positivo para neutralizar su carga. Cuando esto ocurre, se dice que el paso de los electrones "neutralizadores de carga" constituyen una CORRIENTE ELECTRICA.

Conductores, semiconductores y aislantes

Existen materiales que permiten el paso de los electrones con mayor facilidad que otros. Se denomina conductor de la corriente eléctrica a todo aquel material que ofrece muy poca resistencia al paso de los electrones (cobre, plata, oro, platino, etc.) Un aislante de la corriente eléctrica es todo aquel material que ofrece una elevada resistencia al paso de los electrones. Existen otros materiales que, según como se los trate, se comportan como conductores o como aislantes. Dicho de otra manera, son materiales sobre los cuales se puede "regular" el paso de la corriente eléctrica; a dichos materiales se los denomina ***SEMICONDUCTORES.***

Flujo de electrones

Se denomina corriente eléctrica al paso de los electrones por un conductor de la corriente eléctrica (o semiconductor). Su unidad es el ampere (A) y "mide" la cantidad de electrones que atraviesan a un elemento en una unidad de tiempo. Para que pueda establecerse una corriente eléctrica tiene que existir algo que impulse a los electrones a circular de un lado a otro.

Diferencia de potencial, tensión, fuerza electromotriz

Como hemos dicho, para que se establezca una corriente eléctrica debe existir algo que impulse a los electrones para que se muevan. Por ejemplo, colocando iones negativos de un lado de un conductor e iones negativos del otro, se establecerá una corriente eléctrica que será más grande cuanto mayor sea la "***diferencia de cargas entre los iones***". Se dice que para que exista un flujo de electrones debemos aplicar "***energía al conductor***". Cuando la energía proviene de una fuerza del tipo eléctrico, se la denomina ***"fuerza electromotriz"*** porque permite el desplazamiento de electrones al desprenderse de los átomos.

Esa fuerza electromotriz puede originarla una batería. Ejemplo: el acumulador de un auto, una pila o un generador para alimentar una ciudad, como los que usan las compañías de electricidad. Estas fuentes de energía tienen 2 terminales, o polos negativo y positivo, y se dice que existe una tensión eléctrica o diferencia de potencial, que produce la fuerza eléctrica ya mencionada.

Consideremos a una tensión o diferencia de potencial como un "desnivel" que debe existir entre 2 puntos de un conductor para que se produzca un movimiento de electrones y, entonces, una corriente eléctrica (figura 2).

Algo parecido es lo que sucede en un río, para que ocurra un desplazamiento de agua: el terreno tiene que estar en desnivel; de una misma forma, si hay una diferencia de potencial en electricidad, ésta es comparable a una diferencia de presión entre 2 extremos de una cañería que lleva agua o cualquier fluido, y es

producida por una bomba. En la atmósfera, el viento es similar a una corriente eléctrica, que se produce por una diferencia de presión que existe entre una zona ciclónica y otra anticiclónica. La unidad denominada ***VOLT***, se utiliza para medir la tensión eléctrica; se abrevia "**V**". Una pila de carbón genera entre bornes una tensión de 1,5V, un acumulador de auto genera una tensión de 12V y la que genera la compañía de electricidad es de 220V, en Argentina. Muchas veces, en **electrónica** usaremos tensiones más pequeñas que el VOLT, pero en **electricidad industrial** es común hablar de KILOVOLT (kV), que equivale a 1.000V.

1 volt = 1.000 milivolt
1V = 1.000mV

1 volt = 1.000.000 microvolt
1V =1.000.000µV

1 volt = 0,001 kilovolt
1V = 0,001kV

Corriente Eléctrica

Un flujo de electrones en movimiento *—como causa de la aplicación de una fuerza electromotriz o fuente de tensión a un conductor eléctrico—* es lo que llamamos corriente eléctrica. El flujo está formado por electrones libres que, antes de aplicarles la tensión, eran electrones que estaban sujetos por la atracción de los núcleos de los átomos que constituyen el conductor.
En sus trayectos, los electrones libres chocan contra los iones positivos del material y retroceden y vuelven a ser acelerados por la fuerza electromotriz. Los choques son el motivo por el cual el conductor se calienta cuando lleva corriente eléctrica, ya que cualquier choque entre 2 cuerpos ocasiona un desprendimiento de energía en forma de calor.
La corriente eléctrica por un conductor se define como:
"el número de electrones libres que pasa una sección cualquiera del conductor en un momento específico".
Los electrones llevan una carga eléctrica medida en ***COULOMB*** y podemos decir que la corriente eléctrica es la carga eléctrica transportada por esos electrones durante el intervalo de tiempo considerado. Si la carga eléctrica es de 1Cb y el tiempo es de 1s, se obtendrá una corriente eléctrica de 1A (inicial de AMPERE, por el físico francés AMPERE), siendo la unidad de corriente eléctrica. En electrónica, esta unidad de medición resulta grande, por tal motivo se utilizan los submúltiplos del ampere.

1mA = 0,001A
1A = 1.000mA (miliampere)
1µA = 0,000001A
1A = 1.000.000µA (microampere)
1µA = 0,001mA
1mA = 1.000µA

Resistencia Eléctrica

Definamos la resistencia eléctrica de un conductor como una propiedad del material que representa la oposición del mismo frente al paso de la corriente eléc-

La corriente eléctrica es el paso de electrones por un conductor. Dichos electrones están en todas las cosas pero arraigados a la estructura de un átomo constituyente de un elemento químico.

Los protones y neutrones tienen carga eléctrica y son los "autores" principales de la electrónica.

Para conocer cómo se conduce la corriente eléctrica es preciso saber las propiedades de la materia.

Es preciso saber qué materiales conducen la corriente eléctrica y cuáles son aislantes.

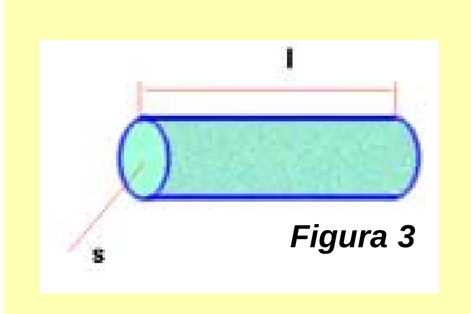


Figura 3

Los semiconductores a veces se comportan como conductores y otras veces como aislante. Todo depende de cómo se los excite.

trica. La oposición se origina como consecuencia de los choques entre los electrones libres de la corriente y los iones positivos del metal. La causa de estos choques es el calentamiento del conductor, el que, a su vez, lo transmite al medio ambiente.

La resistencia se mide en OHM, llamado así por el físico alemán que lo descubrió.

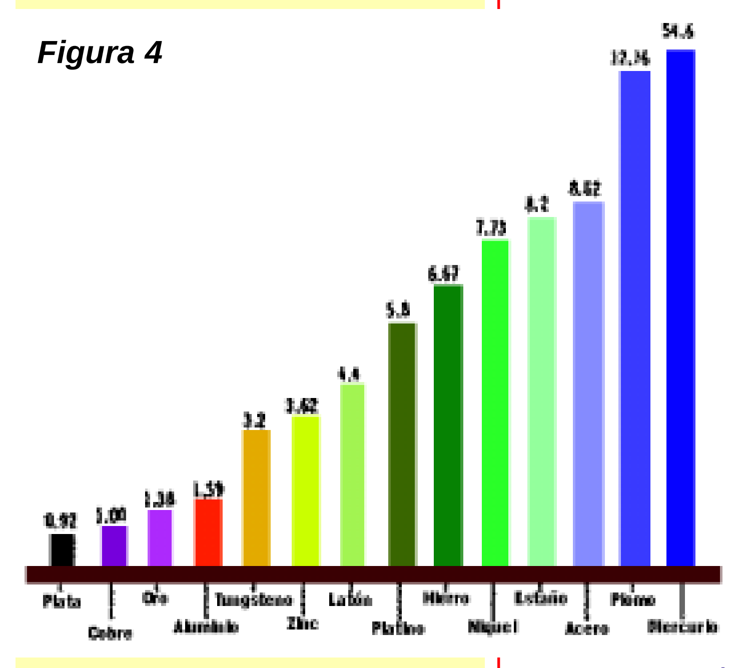
La resistencia eléctrica del material dependerá de tres factores: la longitud, la sección transversal y la resistividad del material. Veamos cómo es la fórmula matemática:

$$R = \frac{r \times l}{S}$$ (ver fig. 3)

La resistividad del material (r) es un número y su valor nos muestra si es bueno, o no, pequeño o grande; o sea, cómo es el material como conductor de electricidad, y se mide en Ω x m (fig. 4). Cabe aclarar que, normalmente, la resistividad de un metal aumenta con la temperatura.

CONDUCTANCIA: se denomina así a la inversa de la resistencia, se simboliza con la letra G y se mide en mho (al revés de ohm) o en SIEMENS.

Figura 4



$$G = \frac{1}{R} =$$

La unidad es: ***mho = SIEMENS***

Clasificación de los Resistores

Veamos una definición de los resistores. Son componentes electrónicos fabricados especialmente para que tengan ciertos valores de resistencia. En varios casos, los valores en ohm de los resistores son muy altos, utilizando múltiplos del ohm, como, por ej., el kilo-ohm, igual a 1.000 ohm, que tiene una abreviatura k, y el mega-ohm, igual a 1.000.000 ohm, que tiene una abreviatura M. Entonces:

1kΩ = 1000Ω
1MΩ = 1000000Ω = 1000kΩ

Podemos agrupar a los resistores (figura 5) en:

1) Resistores de composición de carbón
2) Resistores de película metálica
3) Resistores de alambre

Figura 5

1) Resistores de composición de carbón

Estos se fabrican mezclando polvo de carbón y un aglomerante hasta darle forma de barrita, para fijar los terminales. El conjunto se encapsula con una resina fenólica o baquelita para protegerlo de la humedad y la temperatura, tiene un rango de valores de resistencia entre 1 y 22MΩ.

En electrónica son los resistores más usados por su bajo costo (figura 6).

2) Resistores de película metálica

Estos se fabrican depositando una película metálica, que está a alta tempera-

tura, sobre un tubito de vidrio, al que se fijan los terminales y se los encapsula como dijimos anteriormente. Tienen un alto costo y se usan solamente cuando se necesita una gran exactitud en el valor de resistencia; ejemplo: instrumentos electrónicos (figura 7).

3) Resistores de alambre

Se fabrican arrollando un alambre hecho de aleaciones de cromo, níquel, etc, sobre un cilindro de cerámica. El conjunto se recubrirá de barniz, así se protege el alambre de la influencia de la humedad y temperatura. Estos son grandes y se utilizan para la conducción de altas corrientes. El rango de valores de resistencia está entre 1 y 100kΩ (figura 8).

Código de Colores para Resistores

Por el código de colores se lee el valor de resistencia, que está impreso sobre el cuerpo del resistor. Cada color representa un dígito decimal: las 2 primeras bandas de colores, que están ubicadas más cercanas de un extremo, representan el valor en Ω; la 3ª banda representa el número por el que hay que multiplicar el valor anterior para obtener el valor final de resistencia; la 4ª banda representa la tolerancia, cuyo valor se explicará más adelante (figura 9).
La correspondencia entre un color y su valor se muestra en la tabla 1.
La tolerancia de un resistor es un número expresado en porcentaje, que representa el margen superior o inferior que puede tomar un valor nominal (por el código de colores) del resistor. Ejemplificando, diremos que para resistores de carbón se tienen tolerancias del ±5%, ±10% y ± 20%. Si el valor nominal es de 100 y la tolerancia de ±10%, el valor real estará comprendido entre 100 y 90; finalmente, para una tolerancia de ± 20%, el valor real será entre 120 y 80.

La tolerancia nos indica hasta cuánto puede estar el valor por encima o por debajo del componente.

Es un método práctico del fabricante para asegurar al usuario los límites máximos y mínimos del valor de un resistor. Como el proceso de fabricación no permite establecer valores precisos con anterioridad, en los resistores de composición de carbón la convención es ésta:

COLOR DE LA 4ª BANDA	TOLERANCIA
DORADO	±5 %
PLATEADO	±10 %
SIN COLOR	± 20 %

La potencia de un resistor no viene impresa en el resistor, pero se reconoce por su tamaño. Esa potencia tiene un significado de la máxima cantidad de calor que puede dar el resistor por el paso de corriente y, si ésta excede, se quemará por la alta temperatura obtenida. Se mide en watt (W). Los resistores de carbón se fabrican de 1/8W; 1/4W; 1/2W; 1W y 2W, y el tamaño aumenta gradualmente con la potencia. Para mayores potencias se utilizan resistores de alambre; los de película metálica pueden disipar hasta 1W. Los resistores de composición de carbón se fabrican con

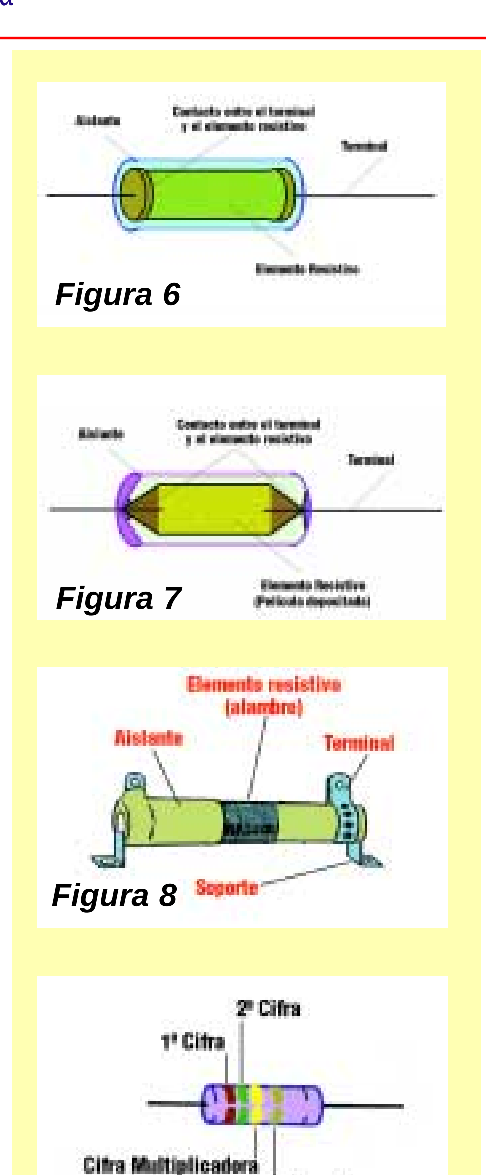


Figura 6

Figura 7

Figura 8

Figura 9

Tabla 1

COLOR	DIGITO	MULTIPLICADOR
NEGRO	0	1
MARRON	1	10
ROJO	2	100
NARANJA	3	1000
AMARILLO	4	10000
VERDE	5	100000
AZUL	6	1000000
VIOLETA	7	10000000
GRIS	8	
BLANCO	9	
DORADO		0,1
PLATEADO		0,01

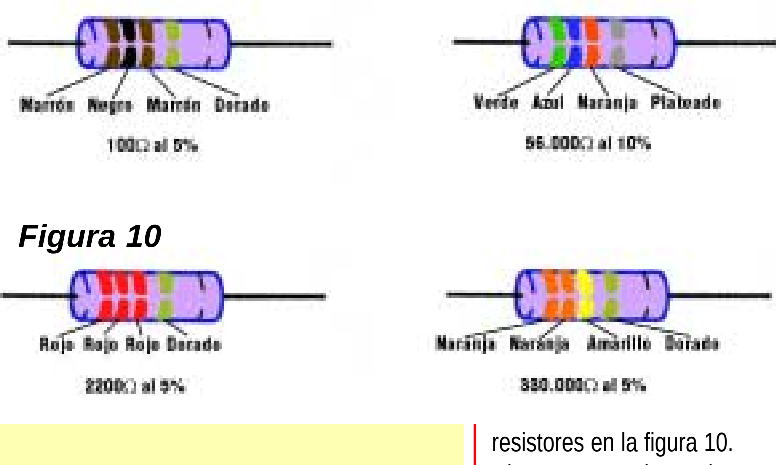


Figura 10

valores nominales de resistencia ya normalizados y el número dependerá del valor de la tolerancia. Para una tolerancia del 20%, las cifras significativas de los valores nominales son: 10, 15, 22, 33, 47, 68.
Las cifras significativas para una tolerancia del 10% son: 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82. Para una tolerancia del 5% las cifras significativas de los valores nominales son: 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91. En la figura 10 se dan ejemplos de valores de resistores de composición de carbón mediante el código de colores. Vea ejemplos de valores de resistores en la figura 10.

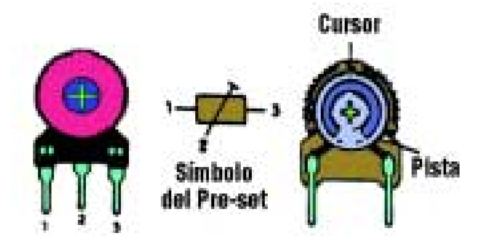
Figura 11

Pre-set o Trimpot

Potenciómetro

Figura 12

Vista Interior de un Potenciómetro



Digamos que a los resistores se los puede clasificar también en variables; éstos están representados por los potenciómetros y los presets o preajustes (figura 11).
La constitución de los potenciómetros se debe a una pista circular de carbón desplazándose por un contacto móvil (cursor) solidario a un eje vertical.
Los extremos de la pista de carbón y el cursor tienen una conexión a terminales, es decir, que la resistencia entre uno de los terminales y el cursor depende de la posición de éste (figura 12).
En el primer caso, los potenciómetros pueden ser lineales o logarítmicos; la variación de resistencia es proporcional al ángulo girado por el cursor, y en el 2º caso la variación es logarítmica, esto hace que, al comienzo, la resistencia varíe con rapidez con el ángulo de giro; después la variación será más lenta y tendrá un uso común en el control de volumen de radios y TV. Llamamos presets a los resistores variables que se ajustan una sola vez, hasta lograr una perfecta posición, y que no tienen posibilidad de ser variados por los usuarios.
El tamaño es reducido y tiene un ajuste con un pequeño destornillador, que es aplicado a una ranura que tiene el contacto móvil.

Pilas y baterías

Los componentes básicos capaces de suministrar una tensión continua estable a un circuito electrónico son las pilas, con la capacidad de generar una tensión eléctrica por medios químicos.
La más común está formada por un electrolito (sal, ácido o base disuelto en agua) y 2 electrodos. Veamos cómo se comporta un electrolito cualquiera, diluido en agua; ej. el cloruro de sodio (fig. 13).
La sal es eléctricamente neutra, pero cuando se disuelve en el agua se disocia en los iones que la componen, es decir, en iones positivos de sodio y en iones negativos de cloro.
Si sumergimos 2 electrodos consistentes en 2 metales diferentes A y B, una determinada cantidad de iones negativos será atraída por el electrodo A y otra porción de iones positivos será atraída por el electrodo B; entonces, A se carga negativamente y B, positivamente (figura 14).
A la diferencia de carga eléctrica que existe entre A y B, se la denomina diferencia de potencial o tensión de la pila. La tensión V dependerá de los materiales de los electrodos y del electrolito.
Por ejemplo, una pila de cinc-carbón tiene una tensión: V = 1,5V.
Si conectamos una lamparita entre los electrodos, ésta iluminará ya que se pro-

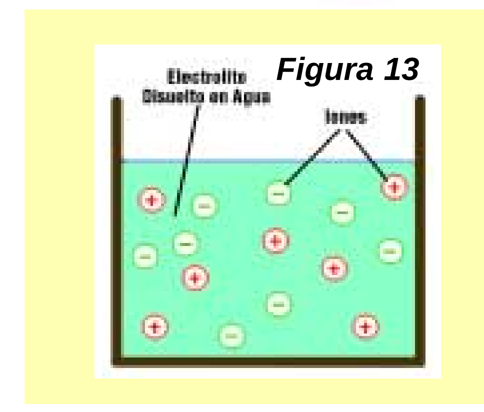


Figura 13

ducirá el pasaje de los electrones desde A hasta B a través de ella, y se cerrará el circuito por medio de la solución electrolítica. Mientras este fenómeno sucede, uno de los electrodos (B) se va consumiendo, mientras que el otro se va engrosando por la deposición de material sobre su superficie. La reacción química continuará hasta que B se consuma en su totalidad; en ese momento, la lamparita se apagará porque la corriente se detuvo (figura 15).
En una pila seca, el electrolito es una pasta húmeda (pilas comunes) mientras que se denominan húmedas cuando el electrolito es un líquido (acumulador de plomo utilizado en los autos).
La pila seca más común es la de cinc-carbón y la desarrolló Le Clanché (1869), tiene un bajo costo y es de uso general.

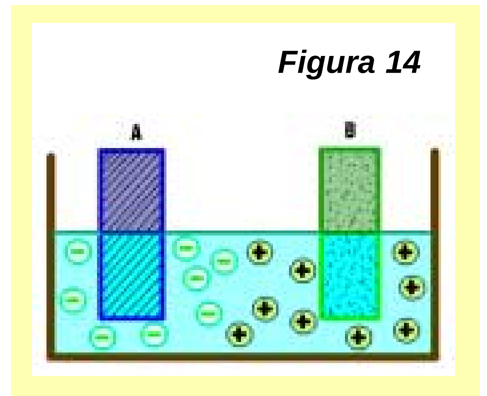
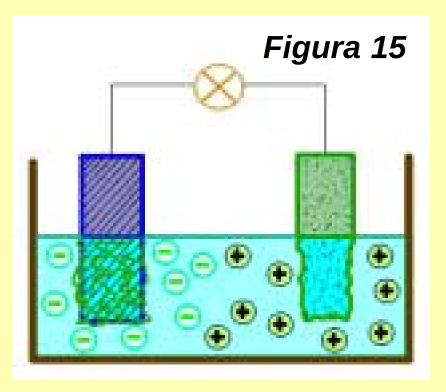


Figura 14


Figura 15

La corriente eléctrica está formada por electrones libres que, antes de aplicarles la tensión, eran electrones que estaban sujetos por la atracción de los núcleos de los átomos que constituyen el conductor.

CONDUCCIÓN DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

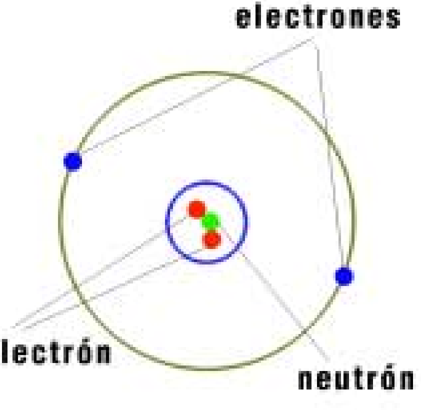
Conductores y Aislantes

El hecho de que algunos cuerpos pueden retener la electricidad y que otros permiten que se escape, nos revela que en la naturaleza existen dos comportamientos de este ***"fluido"*** representado por las cargas. De hecho, los dos grupos de cuerpos serán estudiados en esta lección. Veremos que en un caso se trata de los denominados aislantes y, en el otro, de los conductores. Los dos tipos de material tienen igual importancia en la electricidad electrónica modernas y son utilizados en una infinidad de aplicaciones. Conocer las propiedades de estos materiales es muy importante en el estudio de la electrónica.

La electricidad como fluido

Vimos que podemos sacar con cierta facilidad electrones de un cuerpo (de sus átomos) y llevarlos a otro que quedará con exceso de estas partículas.
El pasaje de electrones de un cuerpo a otro, cuando puede ser establecido, tiene mucha importancia en nuestro estudio, pues es lo que puede llevar energía de un punto a otro, así permiten la aplicación práctica de la electricidad.
Lo importante para nosotros es saber que las cargas eléctricas, constituidas por los electrones, pueden no sólo saltar de un cuerpo a otro en forma de chispas, como vimos en el caso del rayo, sino también moverse a través de ciertos materiales, como en el caso del cable utilizado en el pararrayos o de la cadena fijada al camión de combustibles (figura 1).Mientras tanto, existen también cuerpos en que la electricidad queda "atrapada", como en el caso del peine frotado, en que los electrones ganados se mantienen en la posición en que son colocados, o la falta de electrones permanece en el lugar de donde fueron retirados (figura 2). El movimiento de

Figura 1



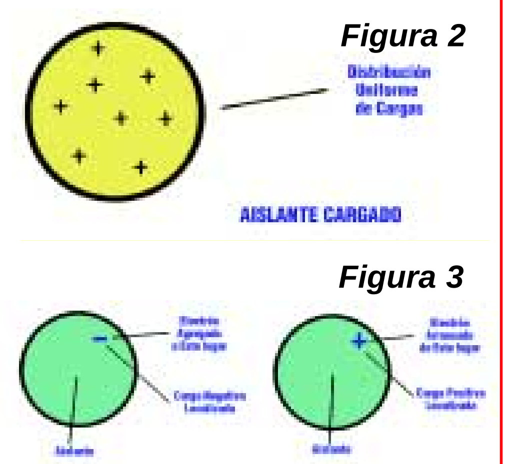


Figura 2

Figura 3

electrones en un cuerpo es posible si tienen una cierta libertad en el interior del material que lo constituye. Luego veremos de qué modo ocurre ésto. Para nosotros, entonces, es importante saber que existen tipos de materiales, en los que las cargas no se puede mover, que son denominados aislantes, y materiales en los que las cargas se mueven con facilidad, que son denominados conductores.

Sabemos que existen materiales que pueden ser electrizados de diferentes formas (serie triboeléctrica), lo que revela que existen átomos que tienen más dificultades en perder sus electrones que otros.

Así, para los materiales en que los elementos están firmemente unidos a los átomos, existe mucha dificultad para que ocurra un movimento de cargas.

Si sacamos un electrón de un lugar, este lugar quedará libre, pues aunque el cuerpo posee otros electrones disponibles, ésos no pueden ocupar el lugar vacío.

Del mismo modo, si agregamos un electrón al material, se quedará en ese lugar, pues no tiene facilidad para moverse (figura 3).

Por otro dado, existen materiales en los que los electrones son libres y pueden moverse con mucha facilidad en su interior. Esto ocurre, por ejemplo, en los metales. Si cargamos un cuerpo metálico con una cierta cantidad de cargas, agregando electrones libres, por ejemplo, estos electrones se pueden mover "saltando" de átomo en átomo hasta distribuirse de manera más o menos uniforme (figura 4). Si por otro lado, sacamos una cierta cantidad de electrones apenas de un punto de este cuerpo, los electrones de las cercanías "corren" a llenar el vacío formado y forman "nuevos vacíos" en otros puntos con una distribución también uniforme de las cargas positivas (vacíos). Figura 5.

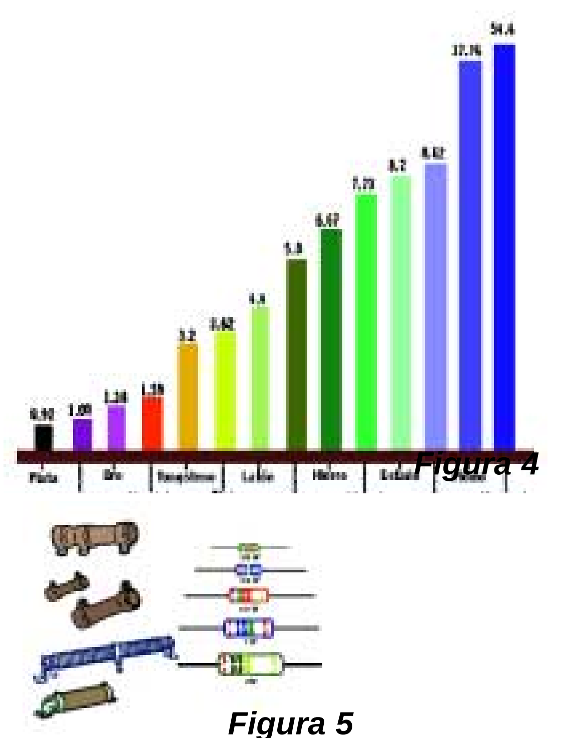


Figura 4

Figura 5

Cuando hablamos de un cuerpo cargado negativamente, las cargas que se mueven o que participan del proceso, los que se pueden mover, son electrones. Pero, cuando hablamos de un cuerpo cargado positivamente, o sea, en que existe una falta de electrones, en verdad ¡nada existe que se pueda mover! Podemos, sin embargo, para ayudarnos en nuestro razonamiento, hablar de "falta de electrones" o lagunas (vacantes o vacíos) que se mueven. Así, mientras en un cuerpo cargado negativamente los electrones se distribuyen en su superficie, en un cuerpo cargado positivamente son las lagunas las que se distribuyen en su superficie (figura 6).

Los electrones pueden saltar de átomo en átomo, mientras que las lagunas son llenadas por átomos adyacentes que saltan libremente y provocan su desplazamiento (figura 7). Entre los materiales considerados aislantes, en que los electrones tienen grandes dificultades para moverse, tenemos: el vidrio, el papel seco, el plástico, la mica, la porcelana, la cerámica, etc. Entre los materiales considerados conductores tenemos: los metales, el grafito, etc.

Aislante

Contacto entre el terminal y el elemento resistivo

Terminal

Elemento Resistivo

Figura 6

Tipos de Conductores

Podemos clasificar los materiales conductores en tres grupos:

a) Sólidos

Los materiales sólidos que conducen la electricidad, o sea, en los que las cargas se pueden mover, son los metales (que son los mejores conductores) y el grafito.

b) Líquidos

Determinados líquidos también permiten que las cargas eléctricas se muevan.

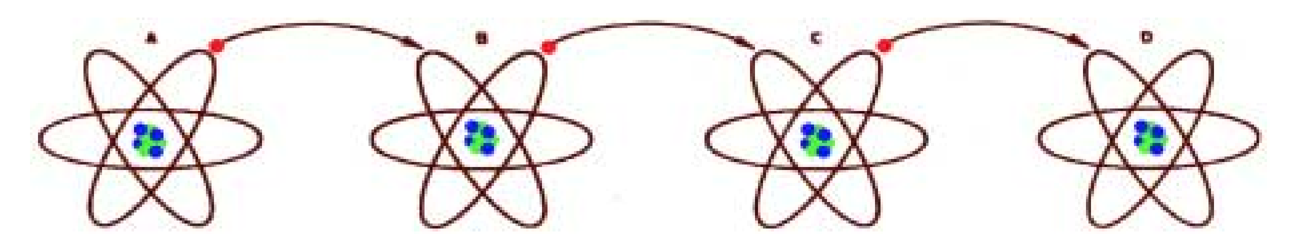


Figura 7 Un electrón que salta de "C" para "D", es seguido inmediatamente por otro que salta de "B" para "C", llenando el vacío. Así se mueven las cargas

Estas cargas, en verdad, se mueven junto al propio átomo que puede "nadar", por así decirlo, y desplazarse en el medio líquido. Estos átomos, que pueden tener falta o exceso de electrones y que se desplazan en un medio líquido, son denominados "***iones***" (expresión griega que traducida es "caminante"). Los iones positivos se llaman "***cationes***" y los negativos "***aniones***" (figura 8).
Las cargas eléctricas no se mueven a través del agua, por ser aislante. Sin embargo, si disolvemos en esta agua una sustancia como la sal de cocina, que está formada por átomos de cloro y sodio (NaCl), las partículas de sodio y cloro se disocian en aniones de cloro(Cl-) y cationes de sodio (Na+), figura 9. Con esto, los aniones y cationes existentes en solución pueden servir de "***medio de transporte***" para las cargas eléctricas y el agua en estas condiciones se vuelve conductora.
Muchas sustancias del tipo sal (cloruro de sodio, bicarbonato de sodio, sulfato de cobre), del tipo ácido (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, etc.) o bien de tipo base (hidróxido de sodio, o sea soda cáustica) cuando se disuelven en agua también se disocian y forman así una solución conductora.
Vea que, en el total, cuando disolvemos sal en agua, separamos partículas positivas y negativas, pero en cantidades iguales, lo que quiere decir que el agua que tenemos mantiene su neutralidad.

c) Gaseosos

Los gases, en condiciones normales, o sea neutros, son excelentes aislantes y no permiten que las cargas eléctricas se muevan con facilidad. Pero, si por medio de una buena cantidad de energía conseguimos arrancar electrones de los gases, de modo que pasen a quedar en un estado de electrizamiento denominado **"ionización"**, entonces se convierten en excelentes conductores.
En los gases ionizados ocurren fenómenos interesantes, como por ejemplo, la emisión de luz, lo que es aprovechado para la fabricación de las lámparas fluorescentes (figura 10). El aire, que es aislante en condiciones normales, se vuelve conductor por acción de una descarga fuerte como la producida por el rayo, que entonces puede atravesarlo con facilidad.

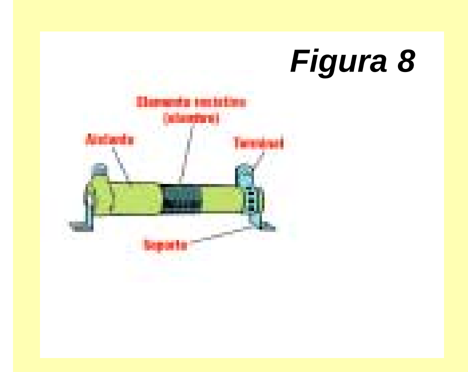
Un poco de cálculos

Hasta ahora dimos interesantes explicaciones sobre cómo funcionan las cosas en lo que se refiere a cargas eléctricas y su movilidad. El único valor numérico que vimos fue la llamada carga elemental, que era:

$e = 1,60 \times 10^{-19}$ C

A partir de este valor y de otros que daremos a continuación, vamos a "jugar" un poco con los cálculos para aprender cosas interesantes sobre la electricidad.
Como vimos, cada tipo de sustancia simple (elemento) posee un átomo con cantida-

Figura 8



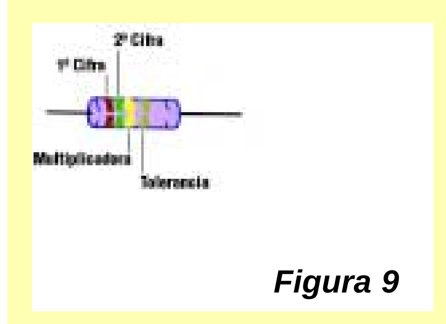


Figura 9

También podemos definir a la corriente eléctrica como el número de electrones libres que pasa una sección cualquiera del conductor en un momento específico.

Figura 10





Figura 11

des diferentes de partículas internas (protones y neutrones). Así, en función de esta cantidad podemos saber exactamente cuántos átomos de una cierta sustancia existen en una cantidad cualquiera que tomamos de ella.

Verificamos entonces que, si dividimos esta cantidad de una sustancia por el "peso" relativo de las partículas que forman el átomo, obtenemos un número constante.

De este modo 1 gramo de hidrógeno tiene la misma cantidad de átomos que 16 gramos de oxígeno, que a su vez, tiene la misma cantidad de átomos que 108 gramos de plata y 197 gramos de oro (figura 11).

El número de partículas (átomos) es enorme:

$n = 6{,}02 \times 10^{23}$

¡Esto significa 6 seguido de 23 ceros! *¡Todos esos átomos en apenas algunos gramos de material!*

Suponiendo que en un metal, como el oro, cada átomo pueda contribuir con un electrón libre, en un trocito de, digamos, 1 gramo, tendremos nada más y nada menos que 10^{22} electrones disponibles (10 seguido de 22 ceros, para los que no están familiarizados con la anotación exponencial). Estos electrones forman, en el interior del metal, una especie de "nube" que se está "agitando" constantemente. Verificamos que los electrones pueden incluso ver aumentada su cantidad con la elevación de la temperatura, fenómeno de gran importancia en electrónica.

¿Qué ocurre si multiplicamos la cantidad de electrones libres que tenemos en un trocito de metal por la carga de cada electrón?

Evidentemente, obtenemos la carga total, en Coulombs, del pedacito de metal en cuestión.

Suponiendo que nuestro trocito de metal tenga 10 electrones y que la carga de cada uno sea de = $1{,}60 \times 10^{-19}$ C, tenemos:

$Q = 10^{22} \times 1{,}6 \times 10^{-19}$

$Q = 1{,}60 \times 10^{3}$C

Q = 1.600 Coulomb

¿Será mucho o poco, esto?, se preguntará el estudiante.

A título de curiosidad, si la lámpara de su cuarto está encendida en este momento consume energía a razón de apenas una carga de 1/Coulomb por segundo.

Una carga de 1.600 Coulomb, ciertamente, quemaría esta lámpara y si los electrones no estuvieran "***equilibrados***" en el interior del metal y pudieran revelar toda su "fuerza", bastaría que usted tocara un trocito de oro ¡para morir instantáneamente fulminado!

En verdad, en la práctica, no podemos manejar sino una parte muy pequeña de los electrones que están libres en el metal, para agregar o quitar algunos. De ningún modo podemos contar con todos en los procesos eléctricos.

Campo Eléctrico y Corriente Eléctrica

¿Qué hace que las cargas eléctricas se muevan en un cuerpo? ¿Qué estado especial existe en torno de un cuerpo cargado, para que su influencia se haga

La unidad de la corriente eléctrica es el ampere.

La resistencia eléctrica de un conductor es una propiedad del material que representa la oposición del mismo frente al paso de la corriente eléctrica.

Los aislantes impiden el paso de la corriente eléctrica u ofrecen una oposición muy grande.

sentir a distancia? ¿Qué ocurre cuando una gran cantidad de cargas eléctricas se mueve en un material conductor?

Veremos de qué modo la "influencia" de las cargas en un cuerpo se "***propaga***" por el espacio y provoca el movimiento de cargas incluso a la distancia y de qué modo un flujo de cargas forma una corriente, un movimiento muy especial para las aplicaciones prácticas.

El campo eléctrico

Un cuerpo cargado de electricidad, ya sea positiva o negativa, se comporta de manera muy especial. Otros cuerpos también poseedores de cargas eléctricas, colocados en las proximidades de aquéllos, quedarán sujetos a la acción de fuerzas.

Si las cargas de los cuerpos próximos fueran de signos opuestos, la fuerza será de atracción, mientras que si las cargas fueran del mismo signo, la fuerza será de repulsión, como ilustra la figura 12. Podemos decir que el espacio en torno de un cuerpo cargado queda lleno de algo invisible, algo que corresponde a la acción de naturaleza eléctrica sobre los cuerpos que también están cargados.

El espacio en torno de un cuerpo cargado goza de propiedades especiales que pueden explicarse por la presencia de una entidad llamada "campo eléctrico", normalmente representada por la letra E.

El campo eléctrico no es algo físico, en el sentido que podamos verlo, pero sí una entidad física que describe un estado alrededor de un cuerpo cargado.

Para representar este estado usamos entonces líneas imaginarias, denominadas líneas de campo. El conjunto de estas líneas imaginarias alrededor de un cuerpo cargado representan su campo eléctrico.

Por una convención, las líneas se orientan saliendo de los cuerpos cargados positivamente y entrando en los cuerpos cargados negativamente, como muestra la figura 13.

En el primer caso, tenemos la representación del campo de una carga positiva (a); en el segundo, el campo de una carga negativa (b) y, en el tercero, el campo provocado por dos cargas de signos opuestos próximos, lo que se llama "dipolo". Vea que las líneas se diluyen cuando están más lejos de las cargas, lo que indica el debilitamiento del campo.

Una carga eléctrica (un electrón, por ejemplo) colocado en el campo eléctrico de una carga cualquiera, queda sujeta a una fuerza que está siempre orientada en el sentido de coincidir o ser tangente (tocar la línea de fuerza del campo en el lugar considerado), figura 14. Las propiedades principales que poseen las líneas de fuerza son:

**** Siempre salen de los cuerpos positivos y llegan a los negativos.***

**** Nunca se cruzan.***

**** Están más concentradas donde el campo es más fuerte.***

La intensidad del campo eléctrico en un determinado punto del espacio, a una cierta distancia de la carga que lo produce, puede ser calculada.

Este cálculo tiene gran importancia en los estudios de electroestática y en consecuencia para la electrónica.

Teniendo como base la ilustración de la figura 15, la fórmula que nos permite calcular la intensidad del campo eléctrico en el punto P del espacio es:

$$E = \frac{1}{4\pi e_0} \cdot \frac{Q}{d^2}$$

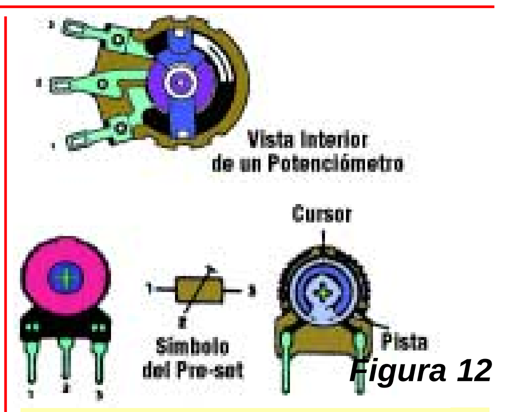


Figura 12

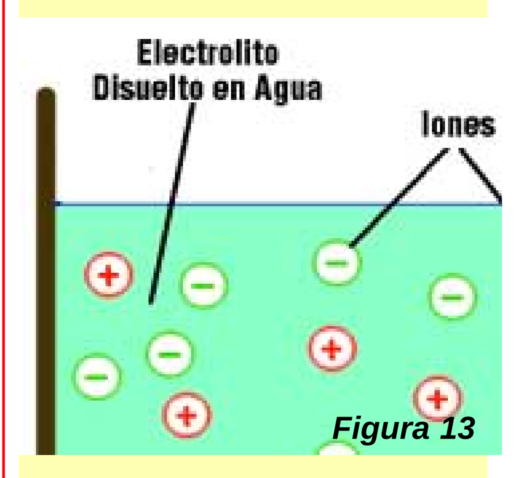


Figura 13

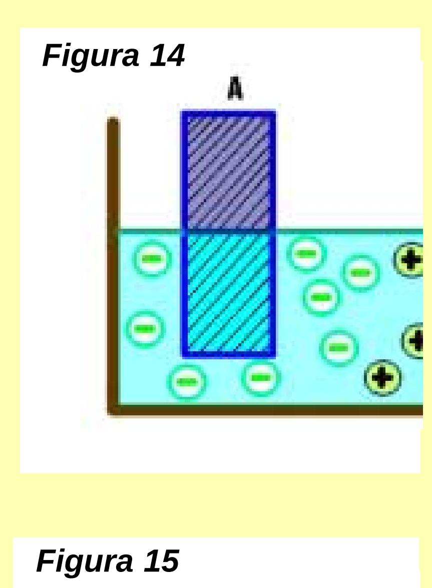


Figura 14

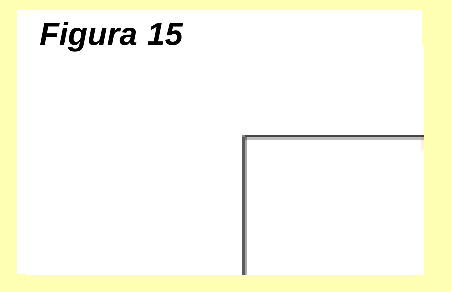


Figura 15

Figura 16

Donde: **E** es la intensidad del campo medida en N/C (Newtons por Coulomb).
$1/4\pi\varepsilon_0$ es la constante que vale 9×10^9 N. m^2/C^2
Q es la carga que provoca el campo en Coulomb
d es la distancia de la carga al punto P.
Como vimos, una carga eléctrica colocada en un punto del espacio, sujeta a la acción de un campo, es forzada a moverse.
La fuerza que aparece en el caso puede ser calculada por la expresión:

$$F = Q \times E$$

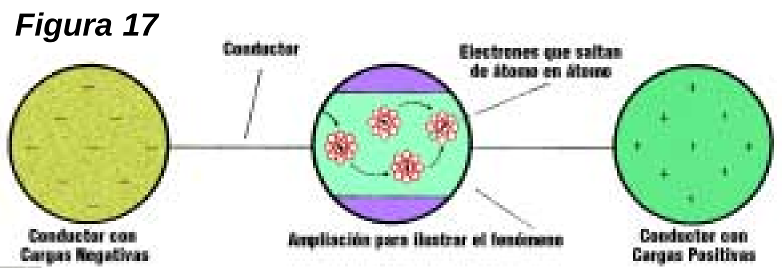


Figura 17

donde: **F** es la fuerza en Newtons,
Q es el valor de la carga que es colocada en el punto P en Coulombs y **d** es la distancia en metros hasta la carga que produce el campo.

La Corriente Eléctrica

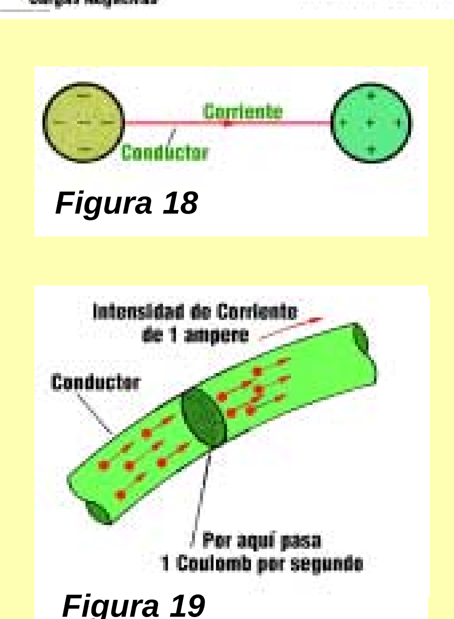


Figura 18

Figura 19

Si tuviéramos dos cuerpos cargados con cargas de signos opuestos, el campo eléctrico que existe en torno de ellos es tal que procurará mover las cargas de uno hacia el otro en el sentido de establecer su neutralidad.
Los electrones tenderán a salir del cuerpo cargado negativamente y dirigirse al cuerpo cargado positivamente (figura 16).
Si hubiera un medio conductor entre los dos cuerpos que permita el movimiento de estas cargas, los electrones podrán desplazarse con cierto orden, pasando de un cuerpo hacia el otro. Los electrones saltarán de átomo en átomo, así formarán un flujo de cargas.
Decimos que el movimiento ordenado de cargas eléctricas que ocurre en este caso se denomina "***corriente eléctrica***" (figura 17).
En el caso específico que tomamos de ejemplo, en que el conductor es el metal, el movimiento real es de cargas negativas (electrones), pero puede ser de otro tipo de partículas, como por ejemplo, los iones, en los casos de los gases y soluciones.
Está claro que sólo los protones no pueden moverse en realida, por estar presos en los núcleos de los átomos.
Por otro lado, los electrones que se mueven de un cuerpo hacia otro, no lo hacen todos instantánemente.
Existe un límite para la cantidad y la velocidad con que ocurre el pasaje. La cantidad y la velocidad son establecidas por la intensidad del campo y, naturalmente, por la capacidad que el conductor tenga de permitir que las cargas se muevan. Si consideramos un intervalo de tiempo en que no hay alteración perceptible en la carga total de las esferas, vemos que el flujo de cargas en el conductor se mantiene constante.
Podemos entonces hablar de una intensidad para este flujo, que va a corresponder a la intensidad de la corriente eléctrica (figura 18). La intensidad de una corriente corresponde entonces a la cantidad total de carga que pasa en cada segundo por un conductor (figura 19)

El valor de un resistor se expresa, en el componente, mediante bandas de colores.

Movimiento de electrones

Figura 20

Corriente electrónica y corriente convencional

Observe un hecho interesante: como las únicas cargas que se pueden mover, en realidad, son los electrones, las corrientes eléctricas fluyen desde los cuerpos negativos hacia los cuerpos positivos (figura 20). Esta corriente se denomina corriente electrónica, pero no siempre es considerada en el estudio de la

electricidad. De hecho, sabemos que los números negativos son menores que los positivos, lo que vuelve muy extraño decir que el agua fluye de un lugar de menos presión (negativo) hacia uno de mayor presión (positivo), cuando en realidad ocurre todo lo contrario.
Si las cargas que se mueven fueran las positivas, las cosas podrían ser explicadas del mismo modo y no tendríamos este problema.
Pero, si no podemos ver los electrones o cargas de ninguna especie, *¿qué nos impide "imaginar" el fenómeno como si ocurriera en sentido "contrario"?*
De hecho, cuando una carga negativa sale de un cuerpo (electrón) y va a neutralizar otra positiva en un cuerpo cargado de este modo, el efecto final es cero, lo mismo que si consideráramos una carga positiva que sale del que está cargado de este modo y va hacia el otro (figura 21).
En verdad, el efecto de considerar que los electrones saltan hacia la esfera de la derecha, como muestra la figura 22, corresponde exactamente a la formación de "vacíos" o "agujeros" que se desplazan hacia la izquierda, que a su vez corresponden justamente al movimiento "contrario" de cargas positivas. Todo esto significa que podemos perfectamente representar corrientes eléctricas que salen de cuerpos positivos (polos positivos) y van hacia cuerpos negativos, sin que esto esté equivocado. En verdad, es común hacer este tipo de representación.
En este caso, decimos que estamos representando la corriente convencional y no la corriente real o electrónica.

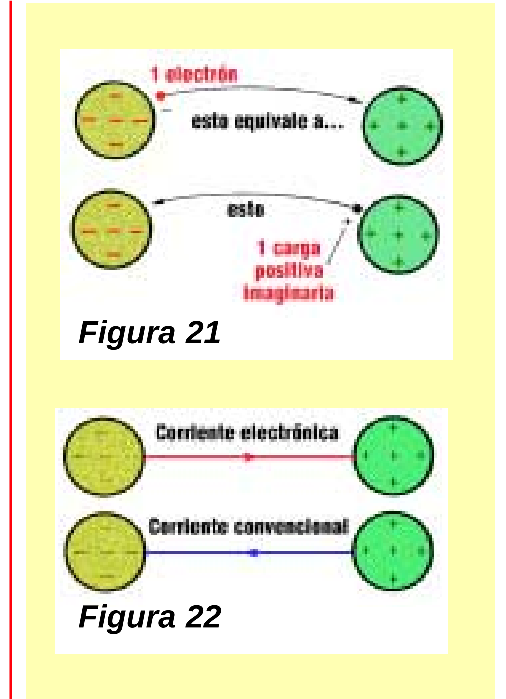


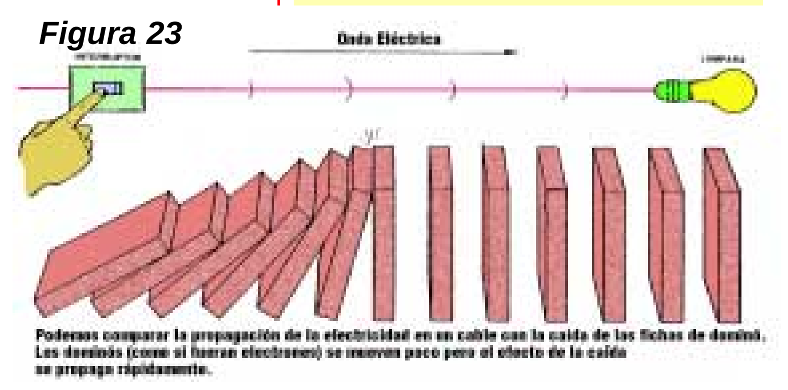
Figura 21

Figura 22

Velocidad de la corriente

Usted acciona el interruptor de la luz y ¡zas!, la luz se enciende instantáneamente. Por más largo que sea el cable, no conseguirá notar retraso alguno entre los dos momentos: el accionamiento del interruptor y el encendido de la lámpara son simultáneos.
En verdad, lo que ocurre es que el fenómeno de la acción de la electricidad es instantáneo, mientras que la velocidad de las cargas en sí no lo es.
Analicemos el fenómeno: Cuando usted acciona el interruptor el establecimiento del campo eléctrico (acción) en el conductor se propaga con una velocidad muy grande, del orden de los 300.000 km por segundo... ***¡o sea la velocidad de la luz!*** Esta acción hace que prácticamente todos los electrones que tienen movilidad pasen a saltar de átomo en átomo en la dirección que corresponde a la circulación de la corriente (figura 23). Pero la velocidad media de los electrones en este movimiento es muy pequeña comparada con la velocidad con que se establece la corriente.

Figura 23



Podemos comparar la propagación de la electricidad en un cable con la caída de las fichas de dominó. Los dominós (como si fueran electrones) se mueven poco pero el efecto de la caída se propaga rápidamente.

La tolerancia nos indica hasta cuánto puede estar el valor por encima o por debajo del componente.

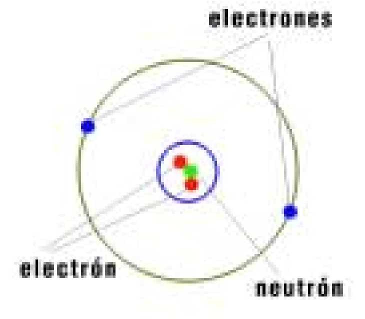
La potencia de un resistor no viene impresa en el resistor, pero se reconoce por su tamaño.

RESISTENCIA

Introducción

La cantidad de agua que sale de un caño, como se muestra en la figura 1, depende de la altura del tanque (comparable a la "presión" o tensión) y del espesor del caño. La analogía eléctrica de este fenómeno se estudiará enseguida.

Figura 1



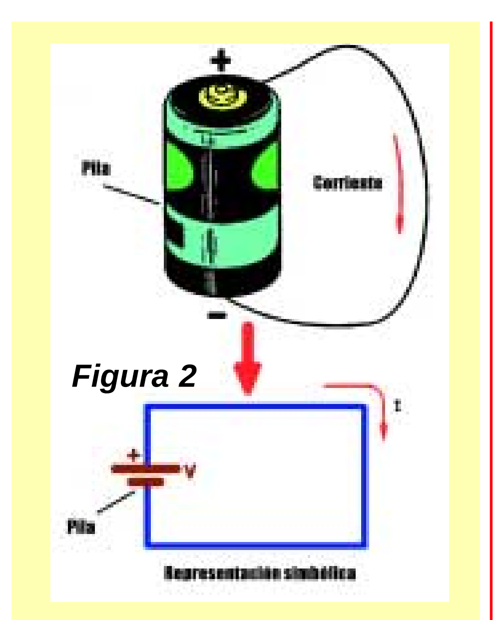


Figura 2

Figura 3

Pensando en la analogía con un depósito de agua, vemos que el flujo por el caño depende en gran parte del espesor del mismo. En un caño más grueso el agua encuentra menor ***"resistencia"*** y puede fluir con más facilidad. El resultado es un flujo mucho más intenso y por consiguiente una cantidad mayor de agua, con la electricidad ocurre lo mismo.

Si tenemos una fuente cualquiera de energía eléctrica capaz de proporcionar cargas en cantidades limitadas, que a la vez hace de tanque, la unión con un cable conductor entre los polos de la fuente hace que la corriente pueda fluir y eso nos lleva a un comportamiento semejante al del tanque de agua (figura 2).

La intensidad de la corriente que va a fluir, es decir, el número de "amperes" no depende sólo de la tensión de la fuente sino también de las características del conductor. Estudiamos que los materiales se comportan de modo diferente en relación a la transmisión de cargas. No existen conductores perfectos. Y además, el cable conductor puede ser fino o grueso, largo o corto.

Si el cable fuera fino y largo, de material mal conductor de la electricidad, el flujo será muy pequeño. La corriente encontrará una gran ***"resistencia"*** u ***"oposición"*** a su circulación. Si el cable fuera de un buen material conductor, corto y grueso, la oposición al pasaje de corriente será mínima y la corriente intensa (figura 3).

El efecto general de un cable ***—o de un cuerpo cualquiera—*** que es recorrido por una corriente se denomina ***Resistencia Eléctrica***.

Podemos definir la resistencia eléctrica como:

"Una oposición al pasaje de la corriente."

La resistencia eléctrica de un conductor depende de diversos factores, como la naturaleza del material de que está hecho el conductor y del formato (longitud, espesor, etc.).

Unidad de resistencia

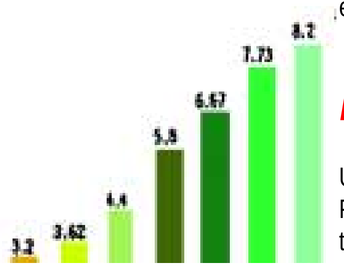
Si conectamos un conductor a un generador (pila) u otra fuente de energía que establezca una tensión de 1V y verificamos que es un recorrido por una corriente de 1A (1 ampere) de intensidad, podemos decidir entonces que el conductor presenta una resistencia de 1 ohm (Ω).

El ohm, abreviado Ω, es la unidad de resistencia. La letra griega omega mayúscula se utiliza para la abreviatura (figura 4).

Podemos, como en el caso de la corriente y la tensión, usar múltiplos y submúltiplos del ohm para representar resistencias grandes y chicas. Es más común el uso de múltiplos.

Es así que si tuviéramos una resistencia de 2.200 ohms, podemos, en lugar de ese número, escribir 2k2 ó 2,2k, donde k significa "kilo" o 1.000 ohm. Vea que podemos usarlo al final del número o en lugar de la coma decimal. Del mismo modo, si tuviéramos una resistencia de 1.500.000 ohm podemos escribir 1M5 ó 1,5MΩ donde M significa "Mega" o millones de ohm. Vea en este caso que también la letra M puede usarse al final del número o en lugar de la coma decimal.

Figura 4



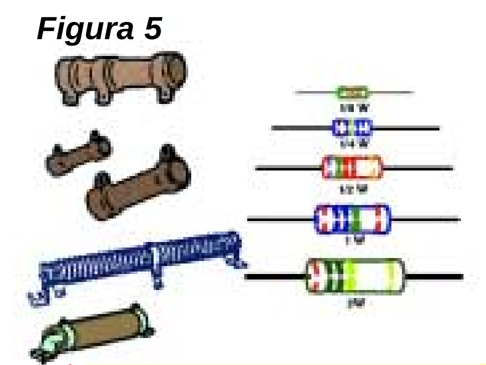
La Ley de Ohm

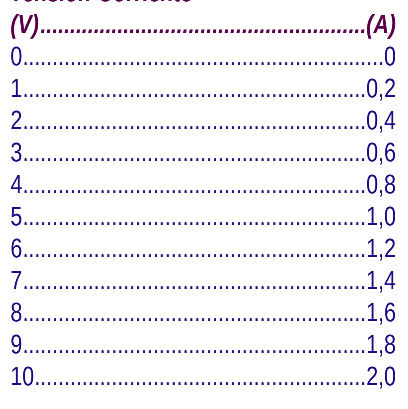
Una de las leyes más importantes de la electricidad es la Ley de Ohm.

Para enunciarla, conectemos a la fuente de energía eléctrica que establezca tensiones diferentes, un cable conductor que presente cierta resistencia y mi-

damos las corrientes correspondientes, comprobaremos que se dan determinadas situaciones que permitirán verificar esta importante ley (figura 5).
Lo que hacemos entonces es aplicar al conductor diferentes tensiones y anotar las corrientes correspondientes.
Si tenemos una tensión de 0V la corriente será nula.
Si tenemos una tensión de 1V, la corriente será de 0,2A.
Si tenemos una tensión de 2V, la corriente será de 0,4A.
Podemos ir anotando sucesivamente las tensiones y las corrientes correspondientes para este conductor determinado y formar una tabla:

Figura 5





Tensión (V)	Corriente (A)
0	0
1	0,2
2	0,4
3	0,6
4	0,8
5	1,0
6	1,2
7	1,4
8	1,6
9	1,8
10	2,0

Analizando la tabla sacamos dos conclusiones importantes:

1) Dividiendo la tensión por cualquier valor de la corriente obtenemos siempre el mismo número:

1/0,2 = 5
5/1,0 = 5
8/1,6 = 5
El "5", valor constante, es justamente la resistencia.
La resistencia depende, por lo tanto, de la tensión y de la corriente y puede calcularse dividiendo la tensión (V) por la corriente (I). (En las fórmulas representamos las tensiones por E o V y las corrientes por I). Podemos establecer la importante fórmula que expresa la Ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Para calcular la resistencia de un conductor (o de otro elemento cualquiera) basta dividir la tensión entre sus extremos por la corriente que circula en el elemento. De la fórmula obtenemos otras dos:

$$V = R \times I \quad (2)$$

$$I = V/R \quad (3)$$

La primera nos permite calcular la ***"caída de tensión en un cable"*** o cuántos volt cae la tensión a lo largo de un conductor en función de su resistencia.
La segunda nos da la corriente, cuando conocemos la tensión y la resistencia de un conductor.

Los componentes básicos capaces de suministrar una tensión continua estable a un circuito electrónico son las pilas, con la capacidad de generar una tensión eléctrica por medios químicos.

En una pila seca, el electrolito es una pasta húmeda (pilas comunes) mientras que se denominan húmedas cuando el electrolito es un líquido .

El pasaje de electrones de un cuerpo a otro, cuando puede ser establecido, es lo que puede llevar energía de un punto a otro, así permiten la aplicación práctica de la electricidad.

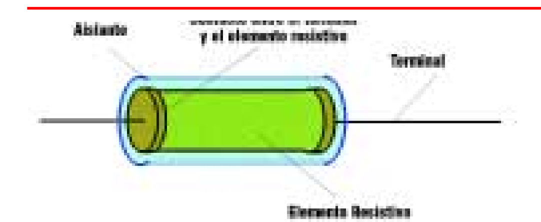


Figura 6

2) Graficando los valores de las tensiones y corrientes de un conductor obtenemos la representación siguiente (figura 6).
Unidos los puntos obtenemos una recta inclinada. Esta recta es la "curva características de una resistencia".
Si se tienen dos conductores con otras resistencias, podemos hacer los gráficos y obtener ***"curvas"*** con inclinaciones diferentes (figura 7).
La inclinación de la "curva" se mide por la tangente **(tg)** del ángulo.
Esa tangente es justamente el valor dado de la tensión por la corriente correspondiente, como muestra la figura 8. La tangente del ángulo A (tgA) corresponde entonces a la resistencia del conductor.
Es importante que recuerde que:
- El cociente de la tensión y la corriente en un conductor es su resistencia.
- En un conductor la corriente es directamente proporcional a la tensión.
- La "curva característica" de un conductor que presente una cierta resistencia, es una recta.

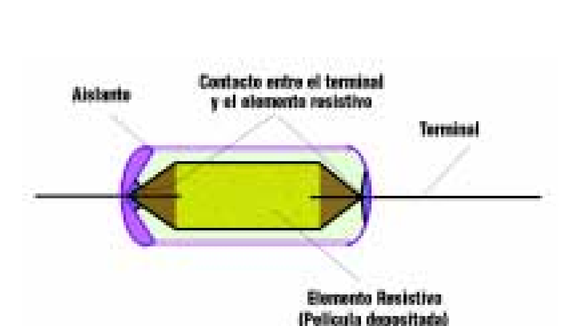


Figura 7

Vea que todos los conductores presentan curvas como las indicadas. Los componentes o elemento que presentan este tipo de comportamiento se denominan ***"dipolos lineales"*** y podemos citar a los resistores y a los conductores como ejemplos. Existen también dipolos no lineares cuyas "curvas" pueden presentar configuraciones diferentes.

Figura 8

CONTENIDO DEL CD

La obra está dirigida a todo el público en general interesado en aprender electrónica básica y saber cómo se manejan los instrumentos (multímetro, osciloscopio, generador de funciones, inyector de señales, analizador dinámico, fuente de alimentación, etc.) pero sobre todo está orientado a estudiantes, aficionados y docentes, dado que cada tema se explica desde el comienzo, presumiendo que el lector no posee conocimientos previos de la especialidad. La Enciclopedia se complementa con CDs (éste es uno de ellos) y bibliografía adicional a la que puede acceder por Internet dirigiéndose a:

www.webelectronica.com.ar

Debe hacer click en el ícono PASSWORD y luego ingresar las claves que se dan en los CDs. El contenido del CD que acompaña a este primer tomo es el siguiente:

a) Un Archivo LEAME: Indispensable leer de comienzo a fin de explorar el CD con éxito
b) Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER
c) Video Presentación
d) Enciclopedia Visual Parte 1
e) Curso de Electrónica con Prácticas
f) 80 Montajes
g) Video "Manejo del Multímetro"
h) Programas de Electrónica
i) CDs, Libros y Videos.

Muchos archivos están comprimidos, siendo necesario el WINZIP. Si no lo posee puede ejecutarlo desde la opción PROGRAMAS del menú de este CD.

Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER

Estos programas son indispensables para explorar el CD, ver los archivos de texto que contiene y visualizar los videos. Si no están instalados en su PC hágalo cuando el CD se lo pregunte.

Video Presentación

En este video el Ing. Horacio Vallejo, realizador de la obra, lo guía paso a paso para que pueda explorar el CD de la forma más rápida y efectiva. Le sugerimos ver este video para obtener el mayor provecho posible.

Enciclopedia Visual Parte 1

Se dan los primeros 4 fascículos de la ENCICLOPEDIA VISUAL DE LA ELECTRONICA, obra complementaria que enseña con mayor profundidad los conceptos vertidos en cada tomo escrito de la obra.

Curso de Electrónica con Prácticas

Este Curso de Electrónica es el primer sistema de enseñanza a distancia con seguimiento personal a través de Internet. El curso se compone de 14 lecciones, 5 series de prácticas y 6 evaluaciones. Los exámenes son la parte del curso (quizá la más tediosa para muchos) en la que el alumno deberá responder y si lo desea, enviar a las direcciones que se mencionan en el CD para su corrección. Sin embargo, Ud. posee la respuesta a cada examen en Internet. En cualquier momento puede realizar consultas por medio de los formularios que hemos habilitado en Internet para tal fin.

Cabe aclarar que en este CD se encuentran las primeras 4 lecciones, la Práctica número 1 y los exámenes 1 y 2. En lo sucesivo se continuará con este curso.

80 Montajes

En este archivo Ud. cuenta con 80 circuitos electrónicos para armar y disfrutar "construyendo" mientras aprende electrónica. Entre los proyectos que contiene esta sección podemos mencionar los siguientes:

Amplificadores, Osciladores, Mezcladores, Preamplificadores, Generadores, Interruptores, Adaptadores, Instrumentos, Protecciones, Fuentes, Conversores, Controles de Velocidad, etc.

Video "Manejo del Multímetro"

Este es un video de unos 15 minutos de duración que muestra qué es un multímetro y cómo se realizan las mediciones básicas. Con él aprenderá a realizar medidas de resistencia, tensión y corriente.

Programas

Esta es una de las secciones más importantes de nuestro CD dado que contiene muchos utilitarios para realizar diferentes tareas.

Al acceder a este MENU, se encuentran los programas que hemos seleccionado que son:

1) Manual de Componentes: Este es un manual que posee características de más de 96.000 componentes que se ejecuta desde DOS. Al hacer click sobre esta opción aparece la carpeta que contiene varios archivos. Copie esta carpeta en el disco rígido de su PC y lea el archivo "léame", posteriormente abra la carpeta MANUAL y ejecute el ícono MANUAL.COM para saber el contenido y cómo se usa el programa. Por último ejecute el programa IC.EXE que está dentro de la misma carpeta y accederá al programa.

2) Construcción de Circuitos Impresos: Ejecute esta opción y copie la carpeta dentro del disco rígido de su PC. Debe leer el archivo en Word y seguir las instrucciones que allí se brindan, incluso para ejecutar el programa. Este programa es una aplicación que le enseña a diseñar circuitos impresos.

3) MPLAB: Este es un programa editor, simulador y emulador para utilizar con microcontroladores de la familia MICROCHIP. Con este programa se pueden construir proyectos que le permitirán realizar programas de microcontroladores y cargarlos en el circuito integrado. Para usarlos copie la carpeta dentro del disco rígido de su PC, ejecute los archivos. Mayores instrucciones de uso e instalación puede obtenerlos de la dirección: www.microchip.com.

4) Winzip: Es el clásico utilitario necesario para comprimir y descomprimir archivos.

5) ICTV: Programa para el técnico. Si no posee conocimientos de electrónica espere a tenerlos para usar este programa, dado que posee un banco de datos para la reparación de televisores.

6) ICPROG: Utilitario para la carga de microprocesadores. Su uso queda explicado en Saber Electrónica.

7) Lector de Tarjetas: Utilitario para leer datos de tarjetas telefónicas. La teoría y el uso se explicaron en Saber Electrónica.

Utilitarios

Gran cantidad de utilitarios para probar y optimizar computadoras. Lea el archivo apropiado para saber cómo emplearlos. .

Nota:

Cabe aclarar que en el CD encontrará más información y catálogos de productos para que esté enterado de las ofertas existentes en plaza y cómo puede acceder a ellas.

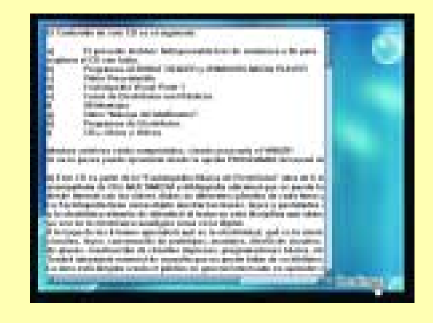
Como nota adicional les comentamos nuevamente que esta obra se compone de 6 entregas y que siempre estaremos a su disposición a través de Internet.

¡Hasta la próxima!











Contiene CD ROM con Manuales, Textos y Programas

Con el aval de:





ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA

Potencia Eléctrica
Ley de Joule
Capacitores
BRICOLAGE: Construcción de Impresos

EL CD POSEE UN VIDEO DE OSCILOSCOPIO, UN MANUAL DE COMPONENTES INTERACTIVO, PROGRAMAS, 150 MONTAJES Y MUCHO MAS

Contenido del CD:

Enciclopedia Visual: Tomos 5 a 8

Curso de Electrónica con Prácticas y Evaluaciones: Lecciones 5 a 7

Video: Manejo del Osciloscopio

Programas: Manual de Interactivo de Componentes y Reemplazos, Programa de Búsqueda de Fallas y Soluciones en TV, 150 Montajes, Instrumentos, Utilitarios y mucho más...

00002
9 789871 116119

AUDIO, TV, VIDEO





Precio en: Argentina: $8,90
México $20 M.N.
Venezuela: $10,000.00
Colombia: $14,000.00
Otros Países: U$S6

TEORIA Y PRACTICA

ISBN: 987-1116-10-1



PRESENTA

ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA

TOMO 2

Coordinado por: Ing. Horacio D. Vallejo

Editado por:
EDITORIAL QUARK S.R.L.
Herrera 761/63 (1295) Buenos Aires, Argentina
Tel./fax: (0054-11) 4301-8804

Director: Horacio D. Vallejo

Impresión: Talleres Gráficos OFAN S.R.L, Bs. As., Argentina - mayo 2003.

Distribución en Argentina: Capital: Distribuidora Cancellaro e Hijo SH, Gutemberg 3258, Buenos Aires - Interior: Distribuidora Bertrán S.A.C., Av. Vélez Sarsfield 1950, Buenos Aires
Distribución en Uruguay: Rodesol SA, Ciudadela 1416, Montevideo.
Distribución en México: Saber Internacional SA de CV, Hidalgo 7A, Ecatepec de Morelos, Ed. México, México, (0155) 5787-8140
Distribución en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Paraguay, Chile y Centroamérica: Solicitar distribuidor al (005411)4301-8804 o por Internet a:

www.webelectronica.com.ar

(Los compradores de esta edición tienen acceso a información adicional con el password: enci2)

ISBN Obra Completa: 987-1116-10-1

Prólogo

La "Enciclopedia de Electrónica Básica", es una obra de 6 tomos acompañada de CDs MULTIMEDIA y bibliografía adicional que se puede bajar gratuitamente desde Internet con las claves dadas en diferentes párrafos de cada tomo y de los CDs.

La Enciclopedia tiene como objeto mostrar las bases, leyes y postulados de la electricidad y la electrónica además de introducir al lector en esta disciplina que abarca varias ramas ya sea en la electrónica analógica como en la digital.

Esta enciclop[edia posee temas que se desarrollan también en el CD "Enciclopedia Visual de la Electrónica" y en "Teoría Servicio y Montajes". Esto es así porque los postulados de la electrónica son siempre los mismos y empleamos igual bibliografía para cada caso. Sin embargo, en la medida que avanza la obra, notará que la que está leyendo en estos momentos está dirigida a que Ud. "aprenda" electrónica mientras que "Teoría, Servicio y Montajes" está orientada a los técnicos reparadores. Por otra parte, en los CDs de esta Enciclopedia encontrará abundante material práctico que no posee la "Enciclopedia Visual". Por lo dicho, aclaramos que son tres productos creados con diferentes objetivos aunque algunos de los temas tratados sean los mismos.

INDICE

LOS CIRCUITOS IMPRESOS

Esta sección de la enciclopedia está destinada a los aficionados y estudiantes que aún no han perfeccionado su técnica para la fabricación de sus propios circuitos o directamente desconocen la forma para llevar este procedimiento a cabo. Sin embargo, el técnico experimentado o el profesional que puede encontrarse con esta tarea, también descubrirá conocimientos valiosos, dado que se dan incluso, las medidas de componentes electrónicos para encarar proyectos con precisión.

Introducción

La mayoría de los estudiantes que hayan “ojeado” una revista de electrónica puede darse una idea de cómo “llevar al papel” las pistas que permitan diseñar y construir una placa de circuito impreso. Los montajes en placas de circuito impreso, presentan varias ventajas respecto a otras técnicas, como por ejemplo:

** Posibilitan montajes más compactos;*
** Son más confiables;*
** Facilitan el montaje con la reducción del número de interconexiones.*

A continuación veremos cómo hacer una placa de circuito impreso, si bien abordaremos sólo algunos aspectos de las muchas técnicas existentes para esta finalidad, con el fin de ayudar al principiante a iniciarse en los procedimientos básicos.

Placa de Circuito Impreso

En el armado de un equipo, los diversos componentes deben ser interconectados y fijados. Podemos usar puentes de terminales para la fijación, y trozos de alambre para la interconexión. En aparatos antiguos se usaban chasis de metal donde los componentes más voluminosos eran sujetados, y a partir de ellos, los demás se interconectaban directamente por sus terminales o por cables (figura 1). La utilización de una placa de circuito impreso facilita el montaje de componentes de dimensiones pequeñas como resistores, capacitores, diodos, transistores, circuitos integrados, etc, en el sentido de que, al mismo tiempo que les ofrece sustentación mecánica, también proporciona las interconexiones. Una placa de circuito impreso no es más que un soporte de fibra o pertinax en la que se pueden “grabar” pistas de cobre que, siendo conductoras, proporcionan las interconexiones entre los componentes. La disposición de estas pistas puede ser planeada de modo de interconectar los componentes en la forma que corresponda al circuito (figura 2).

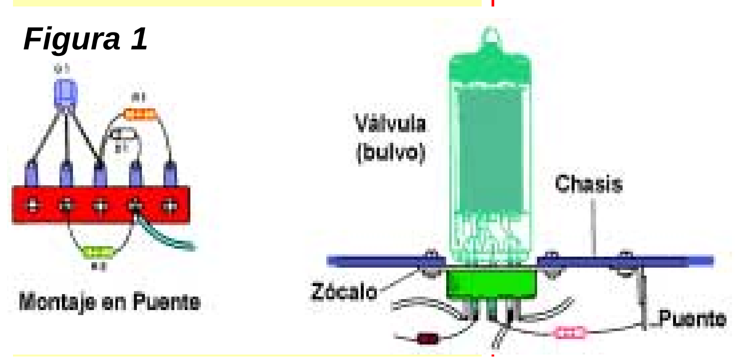
Normalmente, para la confección de una placa existen dos posibilidades que deben ser bien analizadas por los armadores.

** Tener un dibujo listo de la disposición de las pistas de cobre y componentes, bastará hacer una copia (transferir a la placa).*
** Tener solamente un diagrama (esquema del circuito) debiendo planear la disposición de los componentes y de las pistas.*

En el primer caso, bastará que el lector tenga los elementos para “copiar la placa”.

En el segundo caso, el lector ne-

Figura 1



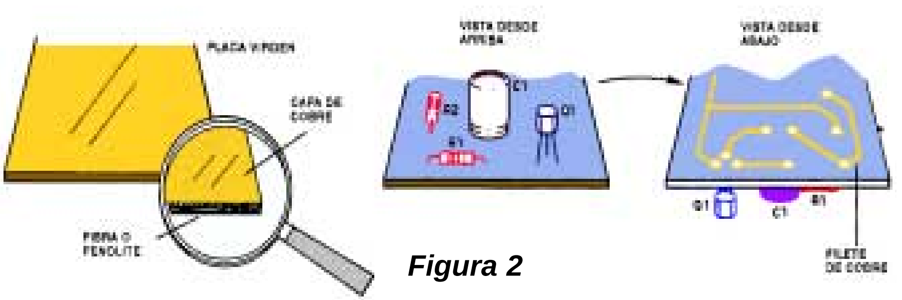


Figura 2

cesita tener conocimientos mayores, principalmente de la simbología y dimensiones de los componentes para poder proyectar correctamente una placa. Vea entonces que la expresión confeccionar una placa expresa un concepto distinto del que indica proyectar una placa.

Los Elementos Necesarios

El material para la elaboración de las placas es sencillo y puede adquirirlo tanto por partes como en forma de kit.
El material básico que el lector debe poseer es el siguiente:

1/2 litro de percloruro (solución o polvo para prepararlo),
1 cubeta para circuitos impresos (plástico),
1 lapicera para circuito impreso,
1 perforadora para circuito impreso,
1 paquete de algodón,
1 frasquito de solvente (acetona, bencina, thinner, etc),
1 lapicera común,
1 clavo grande o punzón,
1 hoja de papel de calcar,
1 rollito de cinta adhesiva.

La perforadora puede ser tanto del tipo eléctrica como manual; la lapicera puede ser del tipo de llenar o incluso una pluma estilográfica, en caso de que se use esmalte de uñas diluido con acetona como "tinta". El material optativo es el siguiente:

2 ó 3 rollitos de graph-line de 0,5 a 1,5 mm,
1 rollito de cinta crepe,
1 ó 2 hojitas de símbolos autoadhesivos de islas para terminales de transistores o zócalos de integrados,
1 frasquito de ioduro de plata,
1 frasquito de flux.

El uso de todo este material admite muchas variaciones, pero daremos solamente algunos procedimientos básicos para la realización de placas que, a través de su experiencia, pueden ser modificados.

Construcción de las Placas de Circuitos Impresos

Ya en posesión del diseño original en tamaño natural, correspondiente al lado cobreado de la placa, debemos empezar por transferirlo a una placa virgen, o sea, una placa totalmente cubierta por una capa de cobre. Para eso, fijamos el dibujo (copiado en papel de calcar) sobre la placa de circuito impreso, como muestra la figura 3 (A).
Con el clavo o punzón marcamos los puntos que corresponden a los agujeros por donde van a pasar los terminales de los componentes. Estas marcas, obtenidas con un golpe no muy fuerte, servirán de guía para la copia del dibujo, como muestra en (B) de la misma figura 3.
Con todos los orificios marcados, retiramos el dibujo y pasamos a copiar las conexiones que corresponden a las tiras de cobre con la lapicera de circuito impreso, como muestra en (C). Si las tiras fueran muy finas y se desea una ter-

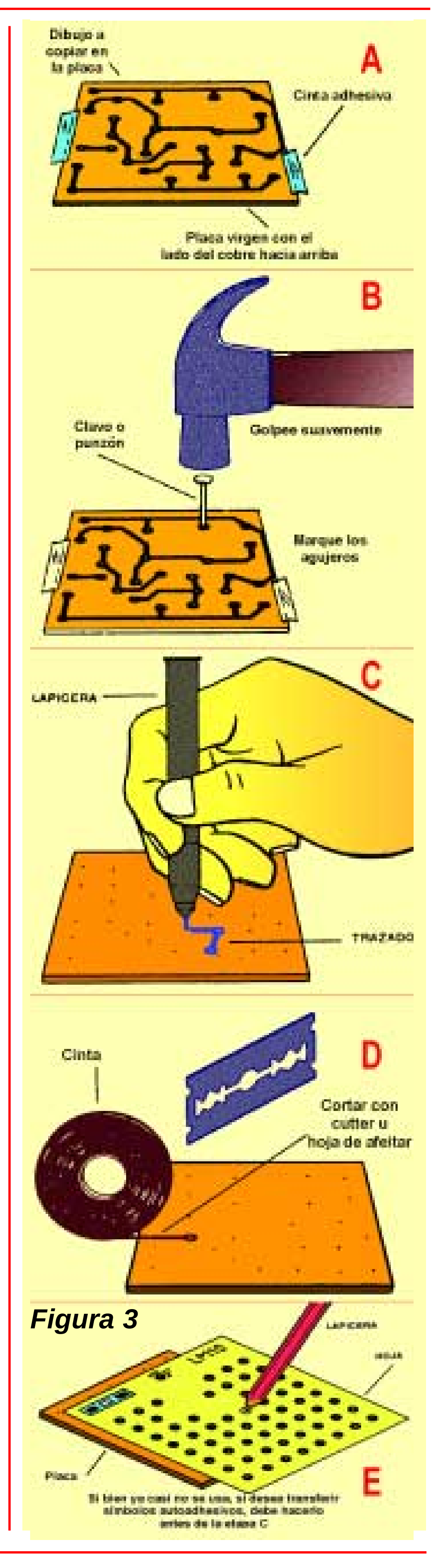


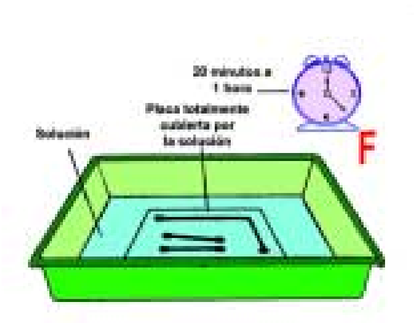
Figura 3

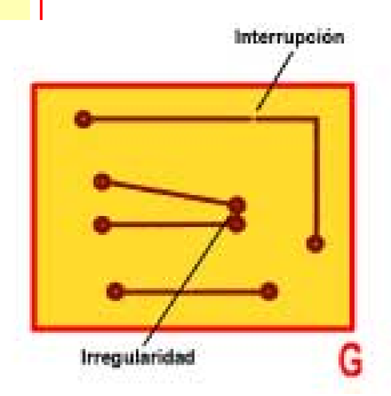
Una placa de circuito impreso no es más que un soporte de fibra o pertinax en la que se pueden “grabar” pistas de cobre que, siendo conductoras, proporcionan las interconexiones entre los componentes.

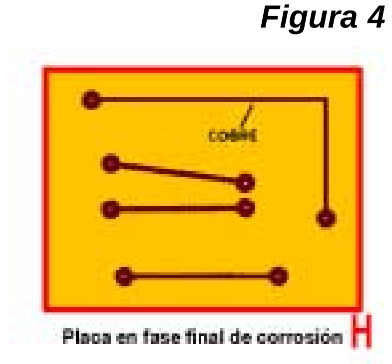
Si bien existen métodos “sencillos” que hacen uso de placas de circuito impreso pre sensibilizadas, es necesario que el estudiante realice experiencias con el método tradicional que se está explicando en estas páginas.

minación más profesional de la placa, se pueden usar las tiras de "graph-line", cinta autohadesiva, que se fijan por simple presión, como muestra la figura 3 (D). Para las tiras más gruesas se puede usar la cinta crepe y si hubieran regiones amplias a cubrir con la tinta, el esmalte común de uñas se puede usar perfectamente. Lo importante es no dejar fallas en cada caso.
Los puntos en que van a entrar los terminales de los componentes y que por lo tanto corresponden a los agujeros marcados, se deben hacer con cuidado como muestra la figura 3 (E). Las "islas" autoadhesivas permiten que estos puntos tengan una apariencia mejor.
Una vez que se haya transferido todo el diseño es preciso preparar la solución de percloruro (si no la tiene ya preparada).
Si compró la solución lista (líquido) sólo queda echar un poco, lo suficiente para cubrir la placa, en la cubeta. Si su percloruro viene en forma de polvo, va a tener que disolverlo en agua. Para ello proceda del siguiente modo (vea la figura 5):
En la misma cubeta, coloque la misma cantidad de agua que corresponde al polvo (1 litro de agua por cada kilo de polvo, medio litro de agua por cada medio kilo de polvo, y así sucesivamente). Después, lentamente, vaya colocando pequeñas porciones de percloruro en el agua, mientras revuelve con un trozo de madera. Notará que el proceso libera calor, de modo que la solución se calienta sola. ¡No deje que se caliente mucho, pues puede deformarse su cubeta de plástico! Cuando la solución se pone caliente, espere un poco antes de agregar más percloruro para esperar que se enfríe.
Una vez que la solución esté lista, podrá usarla docenas de veces en la corrosión de placas, antes de que esté tan contaminada que tenga que tirarla.
Para usar la solución es importante tener un lugar apropiado con buena ventilación y lejos de cosas que se pueden manchar. En la figura 5 tenemos los distintos pasos para la preparación de la solución. Con la solución lista y la placa en condiciones, sólo resta colocarla en la cubeta (figura 4 - F).
La placa debe ser colocada de modo que no se formen burbujas de aire en su superficie.
El tiempo de corrosión puede variar entre 20 minutos y 1 hora, eso depende de la pureza de la solución. Periódicamente, usando dos trozos de madera o un broche de madera para la ropa, puede levantar con cuidado la placa y verificar en qué punto está la corrosión. En las fases finales, el cobre de las regiones descubiertas va quedando totalmente eliminado, como muestra la figura 4 (G).
Cuando la placa está totalmente corroída, debe retirarla del baño y lavarla en agua corriente de modo de quitar todos los vestigios de percloruro, el cual puede ser guardado para la confección de nuevas placas (guarde la botella de percloruro en lugar ventilado, lejos de objetos de metal que el mismo pueda atacar). Una vez lavada, quite de la placa la tinta especial que usó para dibujar las pistas, los símbolos autoadhesivos o el esmalte, con algodón y solvente o lana de acero fina (la normalmente conocida bajo el nombre de “virulana”).

Figura 4







La placa, una vez lista, no debe presentar pistas irregulares o interrupciones, como muestra la figura 4 (H). Para mayor seguridad, le recomendamos examinarla con una lupa o cuentahilos y buena luz. Si hay interrupciones, se reparan con un poquito de estaño.
Después sólo queda hacer las perforaciones en los lugares correspondientes a los terminales de los componentes.
Una capa de ioduro de plata pasada con algodón puede ser eficiente para proteger el cobre contra la oxidación. El barniz incoloro también sirve para la misma finalidad.
También se puede pasar flux antes de soldar.

Proyecto de la Placa

Explicaremos en forma sencilla y paso a paso cómo realizar todo el proceso de convertir un diagrama de circuito en una buena placa.
A partir de un diseño ya hecho, en el que se muestran tanto el lado cobreado como el lado de los componentes sobre la placa, es bastante fácil, según lo descripto hasta aquí, llegar a la placa lista para un montaje.

¿Cómo hacer en el caso de haber conseguido sólo el diagrama del aparato? ¿cómo transferir al cobre las conexiones que llevan a un amplificador, un oscilador o un transmisor?
El problema no es tan complicado como parece. Vamos a suponer un amplificador como el mostrado en la figura 6.
Se trata de un amplificador de tres transistores, que puede usarse como etapa de salida de radios, sirenas o como amplificador de prueba.
El material usado es el siguiente:

R1 = 100Ω x 1/8W
R2 = 120kΩ x 1/8W
R3 = 560Ω x 1/8W

Vea que todos los resistores son de pequeña potencia, por las propias características del circuito, que es también de baja potencia.
C1 = 100nF *C2 = 10nF*
C3 = 220µF *C4 = 100nF*

Los capacitores C1, C2 y C4 pueden ser cerámicos, y C3 debe tener una tensión de trabajo mayor que la alimentación.

D1, D2 = 1N4148 o cualquier diodo de uso general
Q1, Q2 = BC548 o cualquier transistor NPN de uso general
Q3 = BC558 o cualquier PNP de uso general
P1 = potenciómetro de 25kΩ
PTE = parlante de 8Ω y 3”
S1 = interruptor simple
B1 = Fuente de alimentación o conjunto de pilas de 6V

Debemos saber, en primer lugar, lo que vamos a montar en la placa de circuito impreso. En este caso, está claro que las pilas (o la fuente), el parlante, S1, y el potenció-

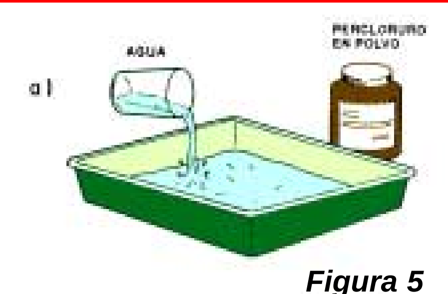
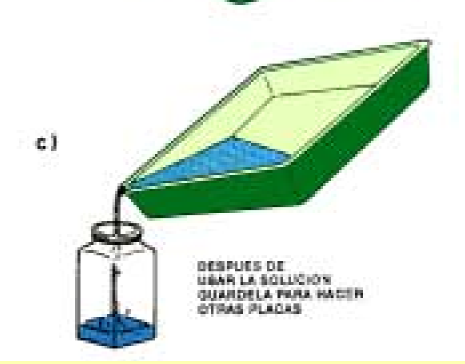


Figura 5



***ATENCION:* ¡NUNCA ECHE EL AGUA SOBRE EL PERCLORURO PUES LA REACCION PUEDE HACER QUE LA SUSTANCIA EXPLOTE, MANCHE Y QUEME LO QUE TOQUE, Y SI LE DA EN LOS OJOS HASTA PUEDE CEGARLO!**

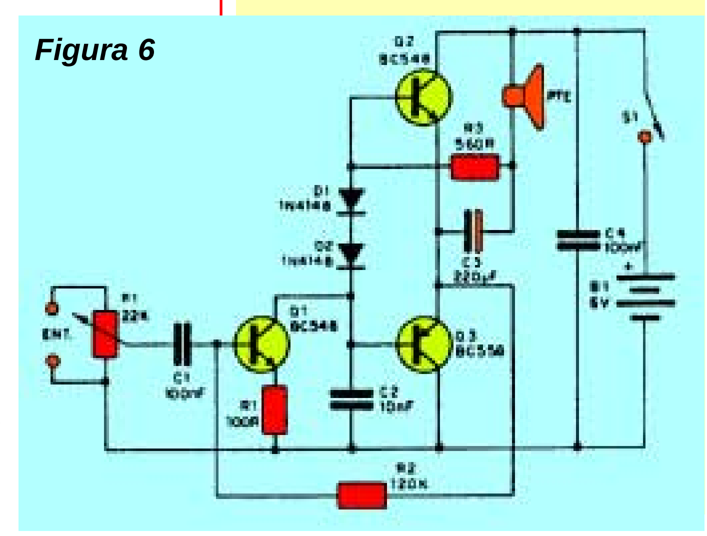
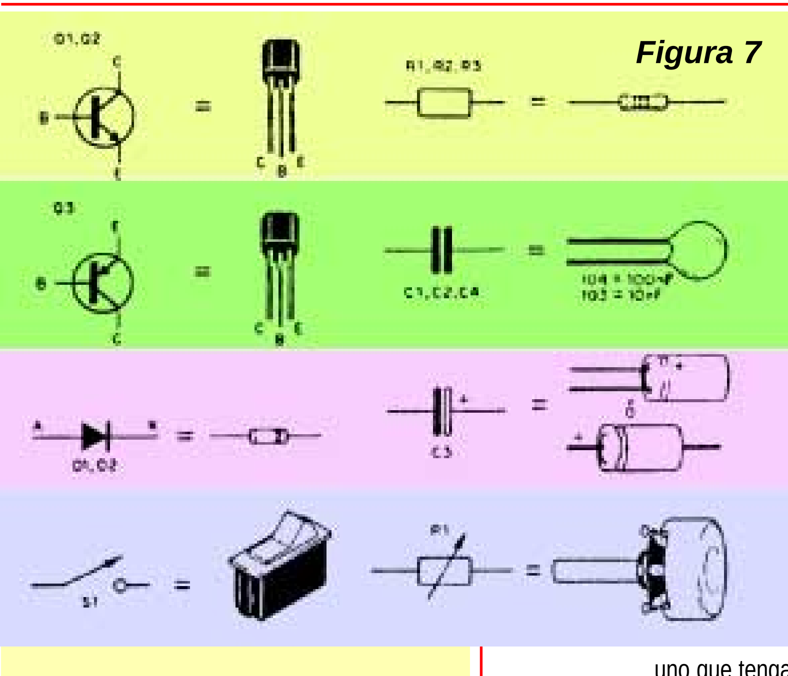


Figura 6


Figura 7

metro pueden quedar fuera. Debemos entonces disponer en la placa, todos los demás componentes de tal forma que las pistas de cobre los interconecte de manera que corresponda al circuito mostrado.

Queda claro que lo primero que el lector precisa saber es la correspondencia entre los símbolos de los componentes y su aspecto real.

En la figura 7 mostramos esta correspondencia para el caso de este amplificador. Vea que esto es importante, pues define el espacio que disponemos en la placa para cada uno y la forma cómo será ocupado este espacio.

Para los resistores de 1/8W, por ejemplo, si queremos montarlos horizontalmente, tendremos que separar los agujeros en la placa por lo menos 8 mm. Si un electrolítico tuviera terminales paralelos, la separación debe ser verificada antes y será menor que en el caso de uno que tenga terminales axiales (figura 8).

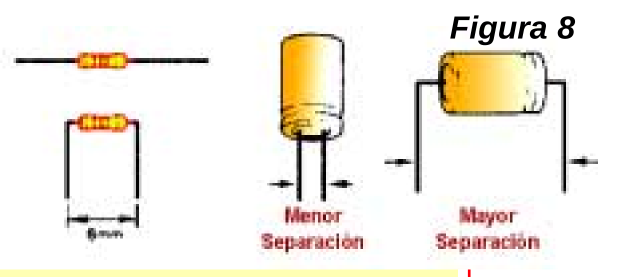


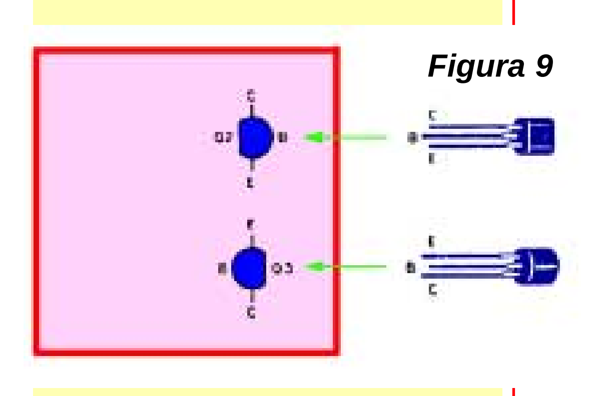
Figura 8

¿Cómo hacer la disposición en la placa?

Una sugerencia para que comience a hacer sus diseños es usar una hoja de papel común y lapiceras de dos colores, una oscura para diseñar los componentes y otra más clara para dibujar las pistas de cobre (una negra y una roja, por ejemplo).

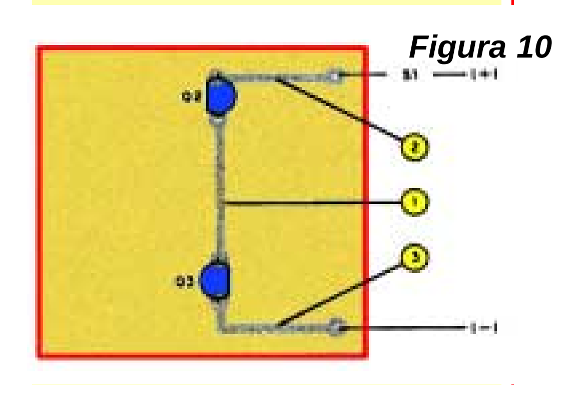
El trabajo del proyecto, por lo menos en esta etapa incial, consiste simplemente en cambiar los símbolos de los componentes por su aspecto real y las líneas que los interconectan por pistas de cobre. Tomando como ejemplo nuestro amplificador, podemos comenzar de la siguiente forma: observando las apariencias de los transistores de salida Q2 y Q3, dibujamos éstos en una posición correspondiente al esquema, como muestra la figura 9.

Observe que, como en el diagrama, los emisores quedan en la misma dirección.


Figura 9

Podemos entonces comenzar dibujando una pista de cobre que una los dos emisores, marcada con (1 en el dibujo de la placa de la figura 10).

Ahora, como segunda etapa, podemos observar que el colector del transistor Q2 debe recibir alimentación positiva (pasando por S1) y el de Q3, negativa. Para esto, las pistas terminan en puntos de conexión fuera de la placa pues el interruptor y la batería quedan fuera de la misma. Las dos pistas son marcadas ahora con (2) y (3) en la placa.


Figura 10

A continuación debemos pensar en las conexiones de las bases de los transistores. Mirando el diagrama, vemos que entre las bases están los dos diodos, D1 y D2. Vemos también que en la salida precisamos encontrar un lugar para C3 y también para R3 (Para ser montados en posición horizontal, se necesita doblar los terminales de los componentes. En la práctica, no se debe doblar el terminal exactamente junto a su cuerpo, pues puede haber roturas o desprendimiento. Por lo tanto, su tamaño real será el que tenga con los terminales doblados).

Los diodos D1 y D2 pueden ser colocados en una posición que recuerda el propio diagrama, como muestra la figura 11. La conexión de los diodos a las bases es mostrada por (4) y (5), se nota que se debe se-

guir su polaridad. El capacitor C3 y el resistor R3 van al parlante, que es un componente externo a la placa. Podemos entonces colocar C3 de tal modo que de él salga el cable que va al parlante. Sus conexiones se muestran en cobre como (6) y (7).
Observe que su polo negativo va a la misma pista que interconecta los emisores de los transistores, como en el diagrama. Para R3 podemos aprovechar la posición vacía encima de C3, haciendo las conexiones (8) y (9). Del lado de estos componentes, tenemos también, interconectando el polo positivo de la alimentación con el negativo, el capacitor C4, cerámico. Aprovechamos el espacio abajo de C3 para colocarlo y hacer sus conexiones (10) y (11). Podemos pasar a los componentes alrededor de Q1. En primer lugar vemos que C2 está conectado a la base de Q3 y el polo negativo de la alimentación. Esto será fácil de llevar a la placa, pues C2 es pequeño y cabe enseguida debajo de los diodos D1 y D2. Tenemos entonces la conexiones en cobre dadas por (12) y (13) en la prolongación de la pista del polo negativo (figura 12). Ahora le toca al transistor Q1. Observamos que el mismo tiene en su emisor un resistor (R1). Lo colocamos, entonces, según muestra la figura 13, con el resistor junto al emisor, haciendo las conexiones (14) del resistor a la alimentación negativa; (15) del resistor al emisor de Q1 y (16) del colector de Q1 a la base de Q3. Tenemos ahora que pensar un lugar para R2 y también para C1. Comenzamos por R2. Vea que el mismo conecta la base de Q1 con la juntura de los dos emisores de los transistores Q2 y Q3. En el diagrama este resistor pasa "por fuera", pero en la placa tenemos una posibilidad interesante. Partimos de la base de Q1, para arriba, y pasamos la conexión a los emisores por debajo de D1. Esta conexión se muestra con el (17) y el (18).
Para C1 la colocación es más fácil, previendo ya las conexiones externas con P1. Sus conexiones se muestran con los números (19), (20) y (21).
Después llegamos a las conexiones externas.
¡El amplificador está completo!

Atención:
Note que tiene que pasar al cobre el diseño hecho, recordando que dibujamos todo como si lo estuviéramos viendo "por arriba", del lado de los componentes. Ahora, el diseño debe ser copiado e "invertido" en el cobre, quedando como muestra la figura 14.
Cabe aclarar que el diseño que hicimos corresponde a una placa sencilla.
A partir de este dibujo, con un poco de estudio, se puede perfectamente llegar a versiones más compactas. Basta copiar el dibujo con los componentes más juntos, o bien colocar resistores en posición vertical. En un circuito simple como éste no hay necesidad de ganar mucho espacio, pero existen casos en que esto es importante.

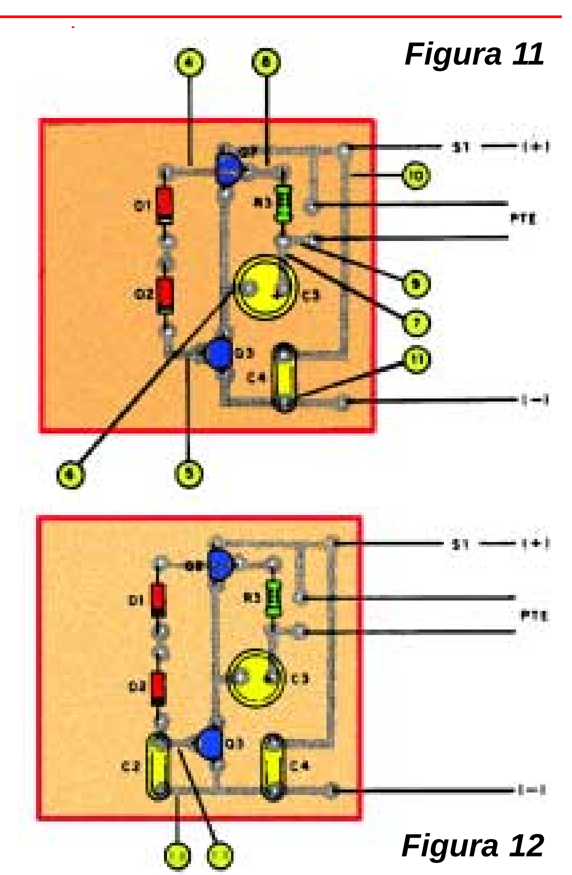


Figura 11

Figura 12

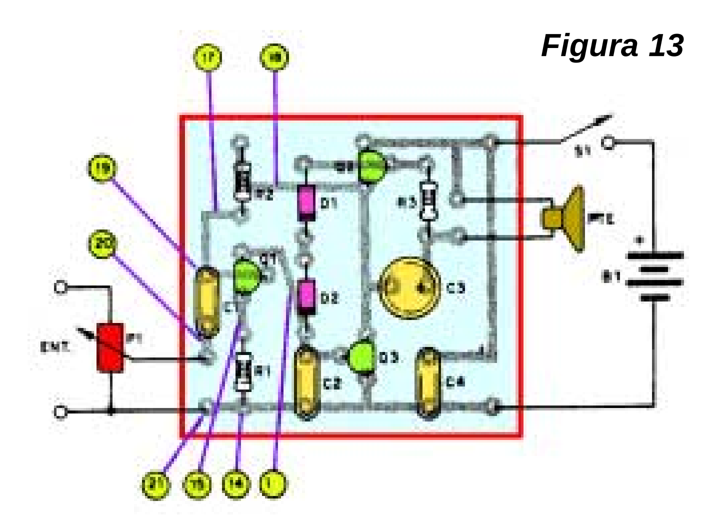
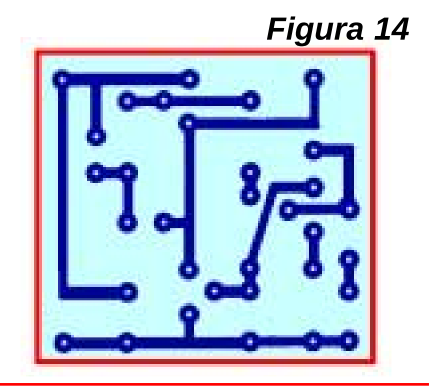


Figura 13

Figura 14


Diseño Asistido, Recursos Especiales

El Jumper
Suponga que, en un proyecto, un componente debe tener un terminal conectado a otro, pero entre ellos pasa una pista de cobre, como muestra la figura 15.

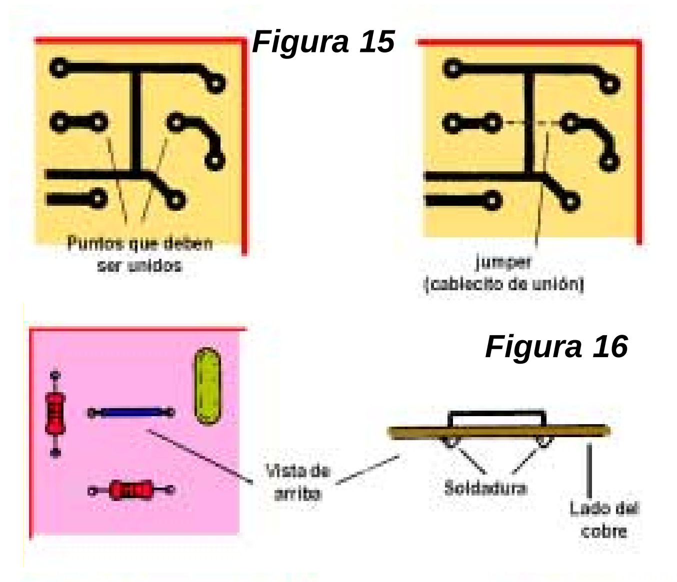


Figura 15

Figura 16

Para no cruzarse, *¿qué hacer?* La solución puede estar en una especie de "puente". Un trozo de cable, pasado por encima de la placa, o sea, del lado de los componentes, interconecta los dos lados de la pista que "molesta" y el problema está resuelto, como muestra la figura 16.

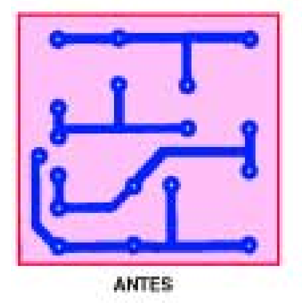
Pistas Gruesas

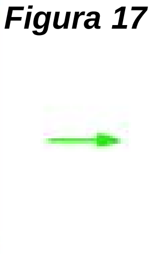
En montajes que trabajan con corrientes intensas, las pistas de cobre que conducen estas corrientes deben ser más anchas que las demás, lo que significa que se debe hacer un planeamiento cuidadoso, previendo espacio para su trazado. Normalmente debemos calcular un grosor de 1,5 mm por cada ampere que va a recorrer la pista.

Relleno de Espacios Vacíos

Un recurso interesante, que puede ser útil en algunos tipos de montajes, consiste en rellenar los espacios entre las pistas, pero sin formar líneas conductoras, sino espacios conductores con pequeñas separaciones entre ellos, como muestra la figura 17.
Este procedimiento presenta dos ventajas:

1. Las grandes superficies pueden conducir corrientes mayores y presentan menores resistencias o incluso sirven de blindaje.
2. Reducen la superficie a ser corroída por el percloruro en la ejecución de la placa, con economía de este material.





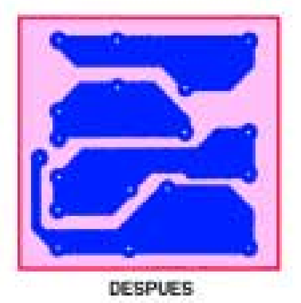


Figura 17

De la calidad del circuito impreso dependerá el funcionamiento del proyecto, especialmente cuando se trabaja con señales de alta frecuencia.

Dimensionamiento de la Placa

Uno de los principales problemas que encuentra el proyectista de placas de circuito es el dimensionamiento de las pistas y la separación que deben tener los agujeros para los terminales de conexión de los componentes. Los mismos varían de tamaño según la marca, disipación, tensión de trabajo y muchas otras características, por lo que suele ocurrir fácilmente que se deba hacer modificaciones de última hora, difíciles de realizar.
Por ejemplo, *¿no le ocurrió alguna vez que proyectó una placa de circuito impreso para conectar un capacitor de 10µF x 16V y a la hora de hacer el montaje se encontró con que sólo conseguía capacitores de 10µF x 50?*
¿No le resultó muy molesto y difícil hacer la sustitución por un componente físicamente mayor, y no tuvo incluso que forzarlo un poco para que "entrara" en el lugar previsto?
Uno de los grandes problemas para los que proyectan placas de circuito impreso es la previsión de la separación de los agujeros para los terminales de los componentes, principalmente aquéllos, sujetos a variaciones en función de su valor, tensión de trabajo, disipación o marca. Este es el caso principalmente de los resistores y los capacitores.
Existen diversos consejos para un proyecto perfecto como:

** Disponer antes del montaje definitivo de la placa, o sea, de la realización del proyecto de placa, de los componentes que serán usados.*

** Disponer de tablas con informaciones sobre las dimensiones de todos los componentes de modo de prever exactamente qué distancia dejar para soldar sus terminales o la colocación de componentes adyacentes sin problemas.*

En la práctica, puede ocurrir que no tengamos ni una ni otra alternativa a nuestro alcance, por lo que calculamos "a ojo" la separación de los terminales por pura práctica, ya que sabemos más o menos qué tamaño tiene un resistor de 1/8W, un resistor de alambre de 5W o un capacitor electrolítico de 16V.

El resultado es un montaje no siempre "bonito", ya que los terminales de los componentes pueden quedar abiertos, cerrados, o bien "forzados" en posiciones que comprometen su funcionamiento, cuando no, incluso, su disipación del calor (figura 18).

Si no podemos contar con las informaciones sobre la dimensión de todos los componentes, es conveniente por lo menos estandarizar la separación de terminales para los más usados, y hacerlo con un margen de seguridad que no comprometa el funcionamiento del circuito.

Basándose en esto, daremos algunas informaciones importantes que pueden ayudarlo en sus futuros proyectos.



Diseño para los Resistores

Los resistores, por ser los componentes más usados, son los que menos problemas causan. Sin embargo, también debemos tener cuidado con su colocación y montaje.

Un factor importante, que debe ser tenido en cuenta en el montaje de un resistor en una placa, es que su disipación es afectada por el tamaño de sus terminales. Así, doblando el terminal muy cerca del componente, reducimos su capacidad de disipación, a no ser que la pista de circuito impreso a la que esté soldado tenga una buena superficie y contribuya a la conducción de calor.

Los resistores, como muestra la figura 19, pueden ser montados vertical u horizontalmente. La separación entre las islas de soldadura va a depender de la disipación del resistor y su tipo. Resistores de mayor disipación (potencia) son de mayor tamaño, y por lo tanto, exigen más espacio.

Tomando como base los resistores de película de carbón y película metálica de Constantan, podemos hacer la Tabla I.

En esta tabla tenemos el espacio ocupado por el componente en montaje vertical u horizontal y la distancia mínima entre las islas para una colocación segura.

Observación:
Las indicaciones de potencia de Constantan pueden ser consideradas como equivalente a las utilizadas por la revista SABER ELECTRONICA (en la mayoría de sus proyectos y montajes) de la siguiente forma:

0,33W = 1/8 ó 1/4W
0,5W = 1/2W
0,67W = 1/2W
1,115W = 1W

Esto equivale a decir que en un proyecto en que especificamos un resistor de 1/2W se

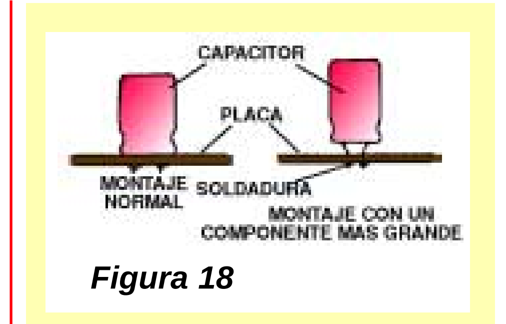


Figura 18

Una vez que la solución esté lista, podrá usarla docenas de veces en la corrosión de placas, antes de que esté tan contaminada que tenga que tirarla.

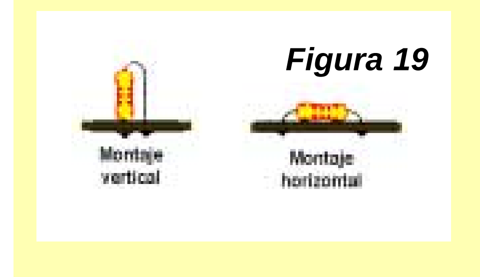


Figura 19

Tipo (Constanta)	Disipación (W) (70°C)	Largo (mm)	Diámetro (mm)	Separación Horizontal (mm)	Separación Vertical (mm)
CR25	0,33	6,5	2,5	8,0	4,0
CR 37	0,5	9,0	3,7	12,0	5,0
CR52	0,67	16,5	5,2	20,0	7,5
CR68	1,15	15,5	6,8	20,0	9,0
MR25	1/4	6,5	2,5	9,0	4,0
SFR25	1/4	6,5	2,5	6,0	4,0
SFR30	1/2	8,5	3,0	12,0	5,0
PR37	1	10	3,9	20,0	5,0
PR52	2	16,7	5,2	20,0	7,5
ACO2A20	2	14,0	5,7	18,0	8,0
	4	18,0	5,7	22,0	8,0
	5	18,0	7,5	22,0	10,0
	7	26,0	7,5	30,0	10,0
	10	43,0	7,5	47,0	10,0
	15	50,0	9,8	54,0	12,0
	20	66,0	9,8	70,0	12,0

Tabla 1

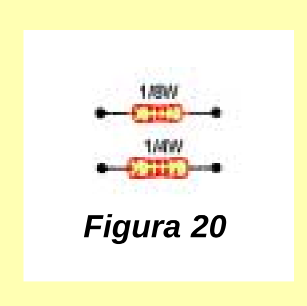


Figura 20

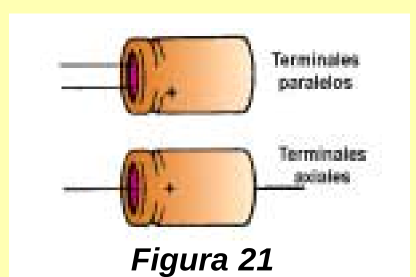


Figura 21

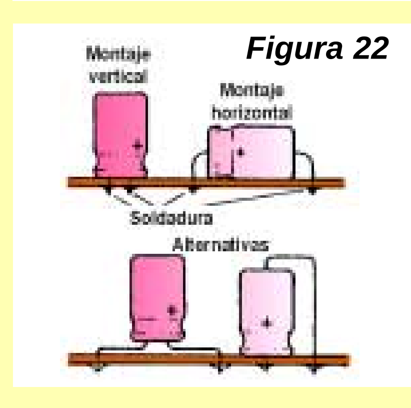
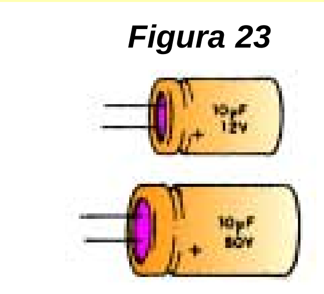


Figura 22

Figura 23


Lo primero que el lector precisa saber, para el diseño de una placa de circuito impreso, es la correspondencia entre los símbolos de los componentes y su aspecto real.

puede usar un tipo Constantan de 0,67W, sin problemas. Es interesante, en algunos casos, prever incluso la colocación de un resistor mayor, en el caso que el proyectista haga la placa antes de conseguir los componentes. Así, si no hubiera especificación en sentido contrario en la lista de materiales, nada impide que se prevea la utilización de resistores de 1/4W en una placa en que toda la lista indique 1/8W. Esto facilitará la elección de un 1/4W a la hora de la compra, si no se encuentra el de 1/8W (figura 20).

Diseño para los Capacitores Electrolíticos

En el caso de los capacitores electrolíticos, generalmente las cosas se complican para el proyectista. Las variables son muchas:
Comenzamos por el hecho de que existen tipos de terminales axiales y terminales paralelos, como muestra la figura 21.
Está claro que el montaje de los dos tipos se hace de modo distinto, si bien existen ocasiones en que uno puede ser usado en lugar del otro, como muestra la figura 22. Pero el hecho que agrava más el proyecto es que la separación de los terminales, diámetro y largo no son constantes para una serie completa de valores.
La separación de los terminales y el tamaño del componente están en función del valor, tensión de trabajo y hasta incluso de la marca.
¡Un capacitor de 10µF x 12V tiene un tamaño distinto que uno de 10µF x 50V!
En ciertos montajes podemos usar uno en lugar del otro, pero ¿cómo hacer el montaje en la placa si la perforación preveía la colocación del menor? (figura 23).
En los catálogos de los fabricantes hay tablas en que encontramos información que relaciona las dimensiones de los componentes y separación de los terminales conforme su valor. Poseer estas tablas facilita mucho la elaboración de proyectos, de modo que damos a continuación algunas:
En la tabla II tenemos las especificaciones eléctricas de los capacitores Icotron de la serie "MINI SUPER" con las dimensiones. Vea que el capacitor de 10µF x 16V tiene la dimensión 5 x 11 mm, y la separación de sus terminales es de 2 mm, contra 8 x 12,5 mm de un capacitor de 10µF x 63V, que tiene una separación de terminales de 3,5 mm.
En la tabla III tenemos las mismas informaciones para los Capacitores Electrolíticos HFC de la Icotron, de terminales paralelos.
Los datos técnicos individuales de los capacitores de esta serie, que incluyen capacidad, tensiones de trabajo, peso y dimensiones, se dan en otras tablas que Ud. puede encontrar en nuestra web:

www.webelectronica.com.ar

El fabricante suele dar un detalle para el montaje en placa de circuito impreso de cada componente. En este detalle tenemos la dimensión sugerida para la perforación que también es importante.

Conclusión

El lector puede percibir cómo son importantes los datos proporcionados por los fabricantes para los proyectos que incluyan tales componentes.
Debe saber que en la actualidad existen programas que obtienen el circuito impreso de un equipo a partir de su esquemático eléctrico pero éstos, muchas veces, carecen de información sobre el dimensionamiento de los componentes.
Por otra parte, ya son muy utilizados los circuitos de pertinax cobreado (o fibra) con pintura presensibilizada para que se facilite la tarea del técnico a la hora de

Tensión Nominal UN (Tensión de pico Up) (V)	Capacitancia Nominal (120Hz/+25ºC) (µF)	Factor de Pérdidas tg δ máx. 120 Hz 25ºC	RSE máx. 120 Hz 25ºC (Ω)	Corriente de Fuga * IR máx. (2 min./+25ºC) (µA)	Corriente de Ondulación IN máx. (85ºC/10 a 120 Hz) (mA)	Peso ca. (g)	Dimensiones D x L (mm)
10	47	0.20	7.0	0.94	66	0.55	6,3 x 11
(13)	100	0.20	4.0	2.00	110	1.00	8 x 12,5
	6.8	0.17	42.0	0.40	23	0,45	5 x 11
	10	0.17	28.0	0.40	28	0,45	5 x 11
	15	0.17	19.0	0.45	34	0,45	5 x 11
16	22	0.17	13.0	0.70	49	0,55	6,3 x 11
(20)	33	0.17	9.0	1.06	60	0,55	6,3 x 11
	47	0.17	6.0	1.50	83	1,0	8 x 12,5
	3.3	0.15	76.0	0.40	17	0,45	5 x 11
	4.7	0.15	53.0	0.40	20	0,45	5 x 11
25	6.8	0.15	37.0	0.40	29	0,55	6,3 x 11
(33)	10	0.15	25.0	0.50	35	0,55	6,3 x 11
	15	0.15	17.0	0.75	43	0,55	6,3 x 11
	22	0.15	11.0	1.10	60	1.0	8 x 12,5
	33	0.15	8.0	1.65	74	1,0	8 x 12,5
	0.1	0.08	1326.0	0.40	1	0,45	5 x 11
	0.15	0.08	884.0	0.40	1,8	0,45	5 x 11
	0.22	0.08	603.0	0.40	2,2	0,45	5 x 11
	0.33	0.08	402.0	0.40	3,4	0,45	5 x 11
	0.47	0.08	282.0	0.40	4,8	0,45	5 x 11
63	0.68	0.08	195.0	0.40	7.0	0,45	5 x 11
(83)	1	0.08	133.0	0.40	8.0	0,45	5 x 11
	1.5	0.08	88.0	0.40	12	0,45	5 x 11
	2.2	0.08	60,0	0.40	16	0,45	5 x 11
	3.3	0.08	40,0	0.42	22	0,55	6,3 x 11
	4.7	0.08	28,0	0.60	30	0,55	6,3 x 11
	6.8	0.08	20,0	0.86	41	1,0	8 x 12,5
	10	0.08	13,0	1.26	50	1,0	8 x 12,5

*IR MAX. = 0,002 x CNUN ó 0,4 uA, lo que sea mayor (después de 2 min. con CN en uF UN en V, e IR en uA)

Tabla 2

Tensión Nominal UN (Tensión de Pico Up) (V)	Capacitancia Nominal (120 Hz/+25ºC) (µF)	Factor de Pérdidas tg δ máx. 120 Hz 25ºC	RSE máx. 120 Hz 25ºC (Ω)	Corriente de Fuga * IR máx. (5 min./+25ºC) (µA)	Z máx. 100kHz 25ºC (Ω)	Corriente de Ondulación IN máx. (85ºC/10 a 100 KHz) (mA)	Peso ca. (g)	Dimensiones D x L (mm)
10	1000	0,10	0,17	22,0	0,09	1950	8,0	16 x 31,5
(13)	2200	0,12	0,09	46,0	0,06	2800	10,0	18 x 31,5
	100	0,08	1,33	6,0	0,25	500	2,3	10 x 20
	220	0,08	0,60	9,0	0,17	900	4,0	12,5 x 25
	330	0,08	0,40	13,0	0,17	900	4,0	12,5 x 25
16	470	0,08	0,28	17,0	0,10	1250	7,0	16 x 25
(20)	1000	0,08	0,13	34,0	0,06	2200	10,0	18 x 31,5
	2200	0,10	0,06	73,0	0,05	2800	11,0	18 x 35
	47	0,06	2,12	5,0	0,25	500	2,3	10 x 20
	220	0,06	0,45	13,0	0,10	1250	7,0	16 x 25
25	330	0,06	0,30	19,0	0,09	1600	8,0	16 x 31,5
(33)	470	0,06	0,21	26,0	0,06	2200	10,0	18 x 31,5
	1000	0,06	0,10	52,0	0,05	3000	11,0	18 x 35
	33	0,06	3,00	5,0	0,25	500	2,3	10 x 20
	100	0,06	1,00	10,0	0,17	900	4,0	12,5 x 25
40	220	0,06	0,45	20,0	0,09	1350	8,0	16 x 31,5
(50)	330	0,06	0,30	29,0	0,06	2200	10,0	18 x 31,5
	470	0,06	0,21	40,0	0,05	3000	11,0	18 x 35
	22	0,05	3,77	5,0	0,25	650	2,3	10 x 20
	33	0,05	2,51	7,0	0,17	650	4,0	12,5 x 25
63	47	0,05	1,76	8,0	0,17	700	4,0	12,5 x 25
(83)	100	0,05	0,83	15,0	0,09	1350	8,0	16 x 31,5
	220	0,05	0,38	30,0	0,06	2800	10,0	18 x 31,5

* $I_{R\,máx.}$ = 0,002 x $C_N U_N$ + 2 µA (C_N en µF, U_N en V)

Tabla 3

tener que "pasar el diseño" a la placa. Sin embargo, esta técnica requiere conocimientos particulares que muchas veces pueden ser mejor aplicados si se efectúa esta tarea a "la antigua", tal como lo hemos explicado al comienzo de este tema.

Un Método Práctico

Puede ocurrir que no contemos con percloruro férrico para poder realizar un circuito impreso y nos veamos obligados a "improvisar" con sustancias eficaces pero peligrosas. En este artículo describimos un procedimiento que requiere de mucho cuidado y no debe ser experimentado si no se toman todos los recaudos que le recomiendo.

PRECAUCIONES:
Si bien el procedimiento es muy fácil, se trabaja con dos sustancias peligrosas por lo que no deberá intentarse el siguiente procedimiento si no se está dis-


Figura 24


Figura 25


Figura 26

puesto a seguir unas sencillas precauciones. Este es un procedimiento de reemplazo del sistema con percloruro de hierro, especialmente para cuando estamos apurados.

Estas son: trabajar al aire libre o en un lugar muy ventilado, ya que el proceso despide cloro gaseoso el que es sumamente irritante y venenoso. Además se debe trabajar con guantes de goma, por lo menos hasta que se tenga experiencia y, lo más importante, la protección de los ojos con máscaras de plástico o antiparras. Es aconsejable usar ropa vieja.

Deberemos adquirir en cualquier droguería una botella de ácido clorhídrico y otra de agua oxigenada al 100 o 130 % (vea la figura 24). Todos estamos conscientes de que los ácidos en general deben tratarse con cuidado, pero con el agua oxigenada nos encontramos acostumbrados a usarla cada vez que queremos desinfectar una lastimadura o herida. Pero tengamos en cuenta que la que tenemos en casa tiene una concentración máxima del 40% y es para uso medicinal, en vez, la que adquirimos en la droguería es para uso industrial y mucho más concentrada.

Si nos toca la piel debemos enjuagar la zona con abundante agua. Así, tal vez nos salvemos de que nos ataque la piel o lo hará suavemente. Si al rato la zona donde nos salpicó el agua oxigenada se pone blanca y arde un poco, quiere decir que ha quemado parcialmente la capa superior de la piel.

Esto lo sufrí en piel propia. De todos modos es mejor el exceso de cuidado que un descuido que puede ser peligroso, especialmente en caso de que salpique en un ojo, no tengo experiencia en este caso, pero creo que lo mejor es lavar con abundante agua y acudir de inmediato al especialista. Los mismos cuidados se deben tener con el ácido clorhídrico.

Bien, veamos ahora cómo se usa. En un recipiente adecuado, vidrio o plástico se mezclan partes aproximadamente iguales de agua oxigenada y ácido (vea las figuras 25 y 26). Ahora introducimos en la mezcla el circuito impreso (al aire libre) y veremos que inmediatamente comienza una ebullición violenta con desprendimiento de gas cloro (figura 27). Esta reacción es exotérmica, es decir que despide calor lo que a su vez acelera el proceso. Aún sin el cobre del impreso, la mezcla sola se calienta despacio y despide burbujas de oxígeno. El problema con esta especie de hervor y la temperatura es que puede dañar la pinturita o emulsión con la que estamos tratando de hacer nuestro circuito impreso.

Para retardar la reacción se puede agregar una muy pequeña cantidad de agua fría, en este caso hay que experimentar ya que poca agua no lo retarda gran cosa y el exceso puede interrumpir la reacción, en este último caso habrá que activar la mezcla con más ácido y agua oxigenada.

La solución toma un color azulado típico de las sales de cobre, una vez terminado el circuito impreso, esta solución debe guardarse en una botella sin tapar, ya que sigue despidiendo oxígeno en forma lenta durante un tiempo.

Esta solución de color azul es de cloruro cúprico, su utilidad es la siguiente: cuando debamos hacer un nuevo impreso, vamos a utilizar esta solución de cloruro cúprico de la siguiente manera; la ponemos en la cubeta y le agregamos a ella el ácido clorhídrico y el agua oxigenada, siempre en partes más o menos semejantes, veremos que si bien el ataque es menos violento y menos inmediato lo hace en forma más moderada, también puede hacerse al revés, preparar la mezcla y luego agregarle el cloruro cúprico. De todos modos debe vigi-

larse cuando está el circuito impreso dentro de la solución porque se va elevando de temperatura y se hace más activo, se puede moderar agregando más cloruro cúprico. Cuando terminamos seguimos guardándolo en una botella destapada.
Otra aplicación del cloruro es la siguiente; si ponemos en él un circuito impreso para eliminar el cobre, lo hace pero en forma lenta, según la temperatura ambiente y la concentración puede durar dos o tres horas, o sea que lo podemos emplear cuando no hay ni urgencia ni necesidad de vigilarlo.
Este proceso no elimina al percloruro de hierro, pero es útil cuando se tiene alguna urgencia, como en todas las cosas es conveniente experimentarlo primero con circuitos sencillos y con el sistema que se use. Yo lo he empleado con esmalte de uñas y con emulsión tipo profesional y el resultado ha sido bueno, pero cuando tengo que hacer impresos grandes o complicados prefiero el percloruro ya que es mucho más moderado y fácil de controlar.
En lo que respecta a los peligros, la primera vez que compré el agua oxigenada, el tapón plástico de la botella no tapaba bien y me mojó parte de las manos, allí aprendí como actúa sobre la piel, después nunca más tuve problemas, solo tomé las sencillas precauciones que dicta el sentido común.



Figura 27

Es preciso conocer el tamaño de los componentes para poder realizar una buena distribución sobre la placa.

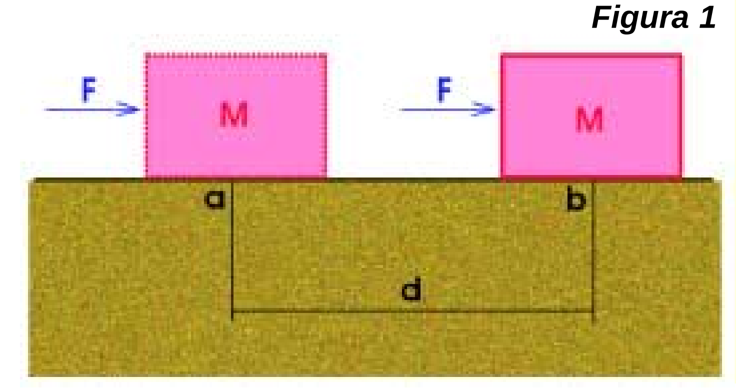
POTENCIA ELECTRICA

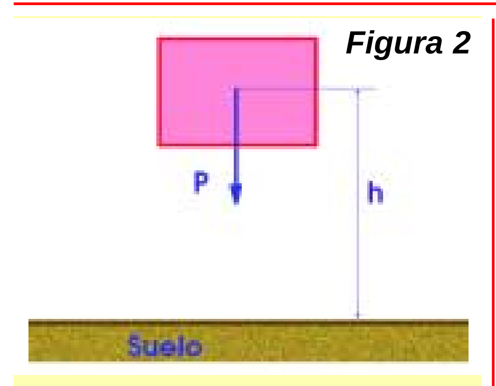
Introducción

Se dice que energía es todo aquello que se mueve, capaz de realizar un trabajo, sin importar cuál fuere. Por lo tanto, todo es energía, es decir, la materia lleva implícita alguna forma de energía por el solo hecho de estar formada por átomos en constante movimiento.
En física, el trabajo está relacionado con la distancia que recorre una fuerza para mover un cuerpo. Como ejemplo podemos citar el trabajo que realiza una fuerza F para mover un cuerpo M desde un punto a hasta otro punto b, recorriendo una distancia d, de acuerdo a lo mostrado en la figura 1.
El trabajo realizado se calcula cómo:

$T = F . d$

También realiza un trabajo un cuerpo que cae desde una altura h debido al propio peso P del cuerpo que actúa como fuerza, según se muestra en la figura 2.
El cuerpo, al caer, es acelerado por la gravedad terrestre y alcanza su máxima velocidad inmediatamente antes de chocar contra el suelo. Además, su velocidad antes de comenzar su caída era nula, lo que significa que el cuerpo fue adquiriendo una energía como producto del trabajo realizado por la fuerza (cuerpo) al caer.
A esta energía se la denomina Energía Cinética (ener-

Figura 1




Cuando no puedo hacer una pista porque debo cruzar por otra, la solución puede estar en una especie de "puente". Un trozo de cable, pasado por encima de la placa, o sea, del lado de los componentes, interconecta los dos lados de la pista que "molesta"

Las grandes superficies de cobre pueden conducir corrientes mayores y presentan menores resistencias o incluso sirven de blindaje. También reducen la superficie a ser corroída por el percloruro en la ejecución de la placa, con economía de este material.

En la actualidad existen programas que le permiten obtener el impreso a partir de un circuito eléctrico. Puede bajar un programa gratuito de nuestra web: www.webelectronica.com.ar Haga click en el ícono Password e ingrese la clave: kban

gía de movimiento) y es la energía que ha adquirido el cuerpo al realizar un trabajo, o sea:

Trabajo = Energía Cinética

matemáticamente:

$T = Ec$

Como se sabe, la electricidad se compone de electrones en movimiento, por lo que podemos aplicar un razonamiento análogo al recién efectuado. Los cuerpos en movimiento serán, en este caso, electrones que poseen una carga eléctrica impulsados por una fuerza (fuerza electromotriz o tensión) que es la diferencia de potencial aplicada en los extremos del conductor.
De esta manera, se realizará un Trabajo Eléctrico debido a la energía que adquieren los electrones impulsados por una diferencia de potencial. A la energía así desarrollada se la denomina: Energía Eléctrica, la cual depende de la tensión aplicada al conductor y de la cantidad de carga transportada, es decir, de la cantidad de electrones en movimiento. Matemáticamente:

Energía Eléctrica = Tensión . Carga Eléctrica

También:

$E = V \cdot Q$

Como hemos estudiado en temas anteriores, la tensión se mide en volt y la carga eléctrica en coulomb. De estas dos unidades surge la unidad de la Energía Eléctrica, que se denomina joule y se abrevia con la letra J.
Podemos decir entonces que cuando se aplica a un circuito eléctrico una tensión de 1V transportándose una carga eléctrica de 1C, se pone de manifiesto una energía eléctrica de 1J.

$1J = 1V \cdot 1C$

No es lo mismo que esta energía eléctrica se desarrolle en un tiempo de 1s (1 segundo), que en 10s.
Cuanto menor sea el tiempo en que se ha desarrollado la misma cantidad de energía, mayor será la potencia puesta en juego. Por lo dicho, se define Potencia Eléctrica como la cantidad de energía eléctrica desarrollada dividida por el tiempo en que ha sido desarrollada dicha energía; matemáticamente:

$$\text{Potencia Eléctrica} = \frac{\text{Trabajo Eléctrico}}{\text{tiempo}}$$

También:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{V \cdot Q}{t} = V \cdot \left(\frac{Q}{t}\right)$$

En la fórmula anterior, lo que figura entre paréntesis (Q/t), es el cociente entre la carga eléctrica que circula y el tiempo durante el cual lo está haciendo, lo que simboliza a la corriente eléctrica I.
Si reemplazamos este concepto en la fórmula anterior nos queda:

$$P = V \cdot I \qquad (1)$$

O sea que la potencia eléctrica es el producto de la tensión aplicada a un circuito multiplicada por la corriente que por él circula. En otras palabras, pode-

mos decir que Potencia Eléctrica es la cantidad de trabajo que realiza una carga por unidad de tiempo o el trabajo que desarrolla una carga para vencer una diferencia de potencial.
La unidad de potencia eléctrica es el watt y se la designa con la letra W. Podemos decir que en una carga se desarrolla una potencia de 1W cuando se le aplica una tensión de 1V y que por ella circula una corriente de 1A, tal como muestra la figura 3.
En electrónica de potencia suele utilizarse un múltiplo del watt llamado kilowatt (kW), que representa 1.000W.
En cambio, para la mayoría de los circuitos electrónicos de pequeña señal, el watt resulta una unidad muy grande, razón por la cual se emplean submúltiplos como el miliwatt (mW), que corresponde a la milésima parte del watt, o el microwatt (µW), que representa a la millonésima parte del watt.

1kW = 1.000W
1mW = 0,001W
1µW = 0, 000001W

Suelen confundirse los conceptos de potencia y energía eléctrica, especialmente cuando se trata de mensurar el consumo eléctrico.
Por ejemplo, una carga de 100W consume una energía eléctrica de 100J por cada segundo de funcionamiento. De esta manera, luego de una hora (60s) habrá consumido una energía igual a:

E = P . t = 100W . 60s = 6.000J

Las compañías de electricidad facturan a los usuarios la energía consumida en un período, es decir, lo hacen en kilowatt-hora (kW-h) y no en joule. De todos modos, el kW-h es una unidad de energía y no de potencia, ya que la energía consumida es el producto de la potencia puesta en juego durante un tiempo determinado.

Cálculo de la Potencia

Para calcular la potencia eléctrica en cualquier circuito basta con multiplicar la tensión aplicada por la corriente que circula.
El mismo concepto es aplicable para cualquier parte constituyente de un circuito siempre que se conozcan las tensiones y corrientes correspondientes.
De la fórmula (1) puede obtenerse el valor de la tensión presente en un circuito, o parte de él, si se conocen la potencia y la corriente que circula. Despejando:

$$V = \frac{P}{I}$$

Puede calcularse la corriente en cualquier parte del circuito, cuando se conocen la potencia y la tensión aplicada. De la fórmula (1) se tiene:

$$I = \frac{P}{V}$$

En la figura 4 se ve el gráfico representativo de la Ley de Joule, que, al igual que lo que ocurre con la Ley de Ohm, permite calcular un parámetro cuando se conocen los otros dos.

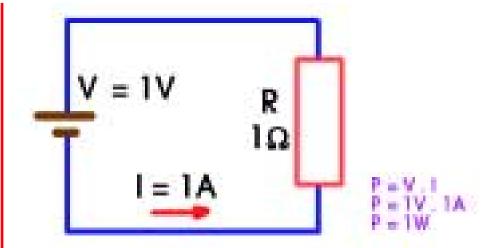


Figura 3

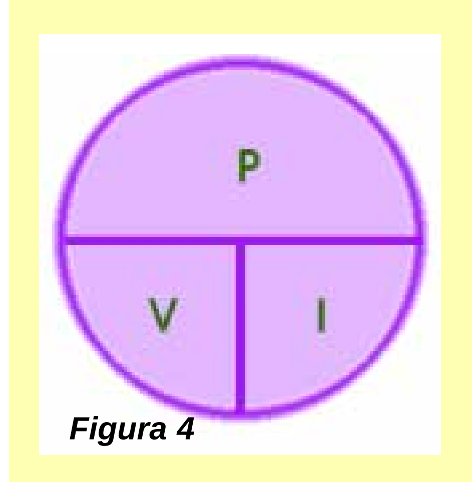


Figura 4

Cuando no tiene cloruro férrico, con agua oxigenada y ácido clorhídrico puede realizar sus impresos.

Luego de colocar la placa , la solución toma un color azulado típico de las sales de cobre, una vez terminado el circuito impreso, esta solución debe guardarse en una botella sin tapar, ya que sigue despidiendo oxígeno en forma lenta durante un tiempo.

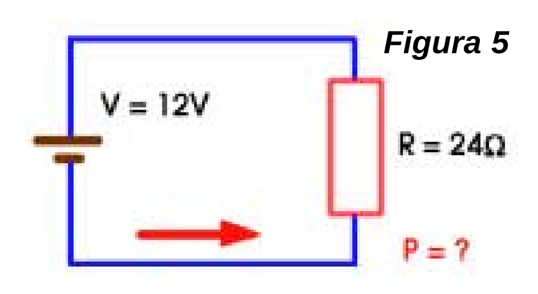


Figura 5

Energía es todo aquello que se mueve, capaz de realizar un trabajo, sin importar cuál fuere.

Como se sabe, la electricidad se compone de electrones en movimiento, por lo que podemos aplicar un razonamiento análogo al del trabajo físico (todo cuerpo en movimiento realiza un trabajo, de la misma manera, toda carga en movimiento realiza un trabajo).

En un circuito se realizará un Trabajo Eléctrico debido a la energía que adquieren los electrones impulsados por una diferencia de potencial.

Aplicación de la Ley de Joule

Se desea calcular la potencia que consume el resistor de la figura 5, sabiendo que la tensión aplicada es de 12V y la resistencia tiene un valor de 24Ω.

Para resolver el problema primero calculamos la corriente que fluye por el circuito. Aplicando la ley de Ohm tenemos:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12V}{24\Omega} = 0,5A$$

luego:

$$P = V \cdot I = 12V \cdot 0,5A = 6W$$

Si con una tensión de 12V aplicada a una carga, se desea obtener una potencia de 300mW.

¿Cuál debe ser la corriente que debe circular?

Del diagrama de la figura 4, como queremos calcular I, la tapamos y nos queda:

$$I = \frac{P}{V}$$

Reemplazando valores, teniendo en cuenta que 300mW corresponden a 0,3W:

$$I = \frac{0,3W}{12V} = 0,025A$$

Luego, por el circuito deberá circular una corriente de 25mA (25mA = 0,025A).

Si, para el mismo circuito, deseamos conocer ahora cuál es la tensión que se debe aplicar para obtener una potencia de 300mW cuando circula una corriente de 100mA, aplicando el diagrama de la figura 4 y reemplazando valores, podemos conocer el valor de dicha tensión:

$$V = \frac{P}{I} = \frac{300mW}{100mA} = \frac{0,3W}{0,1W} = 3V$$

Potencia y Resistencia

Analizando el ejemplo que hemos dado anteriormente, podemos comprender que muchas veces nos vamos a encontrar con circuitos en los cuales se conoce la tensión aplicada y el valor de la resistencia. De esta manera, en primer lugar debemos encontrar el valor de la corriente que circula por dicho resistor para poder efectuar el cálculo de la potencia. Podemos evitar este paso sabiendo que en un resistor la corriente viene dada por:

$$I = \frac{V}{R}$$

Luego, reemplazando el valor de la corriente en la fórmula de potencia, tenemos:

$$P = E \cdot \frac{E}{R}$$

De lo cual surge que:

$$\mathbf{P = \frac{E^2}{R}}$$

Según lo visto, la potencia que disipa la carga del circuito de la figura 5 puede calcularse directamente, o sea:

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{12V^2}{24\Omega} = \frac{144V^2}{24\Omega} = 6W$$

Como podemos observar, se obtiene el mismo resultado si se aplica un cálculo directo.
Queremos conocer ahora cuál es la potencia que suministra la batería del circuito de la figura 6; para ello calculamos primero la resistencia total. Teniendo en cuenta que las resistencias están en serie:

$R = R1 + R2 = 70\Omega + 20\Omega = 90\Omega$

Luego, aplicando la fórmula de potencia para las tensiones, se obtiene:

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{32}{90\Omega}$$

$$P = \frac{9V}{90\Omega} = 0{,}1W = 100mW$$

Puede ocurrir que en un circuito, o parte de él, se conozca la corriente y el valor de la resistencia que posee la carga; luego, si se desea conocer la potencia que maneja dicha carga y sabiendo que V = I . R, se tiene:

$P = V \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I \cdot I \cdot R$

$\mathbf{P = I^2 \cdot R}$

Se obtiene así una forma más directa para calcular la potencia de una carga cuando se conoce su valor de resistencia y la corriente que la atraviesa.

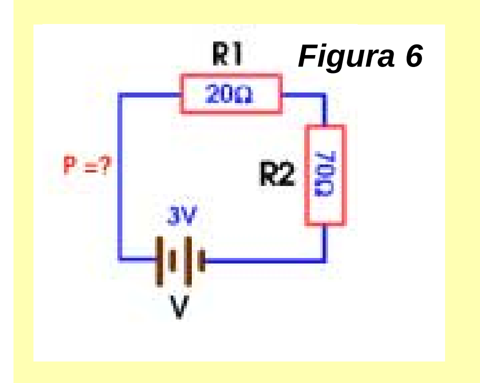


Figura 6

La unidad de la Energía Eléctrica, se denomina joule y se abrevia con la letra J.

Volviendo al problema de los materiales conductores, vemos que la facilidad de movimiento, tanto de los electrones como de las lagunas, es total.

Cuanto menor es el tiempo en que se desarrolla una cantidad de energía, mayor será la potencia puesta en juego.

La Potencia Eléctrica es la cantidad de energía eléctrica desarrollada dividida por el tiempo en que ha sido desarrollada dicha energía.

CAPACITORES

Introducción

La tentativa de almacenar electricidad en algún tipo de dispositivo es muy antigua. Se tiene constancia de que en 1745, simultáneamente, en la Catedral de Camin (Alemania) y en la Universidad de Leyden (Holanda), dos investigadores desarrollaron dispositivos cuya finalidad era almacenar electricidad o, como se decía entonces, "condensar" electricidad. La botella de Leyden, como se ve en la figura 1, fue el primer "condensador" y dio origen, por su principio de funcionamiento, a los modernos capacitores (o "condensadores" como todavía los de-

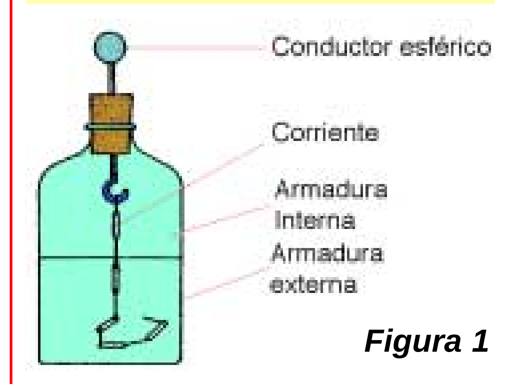


Figura 1

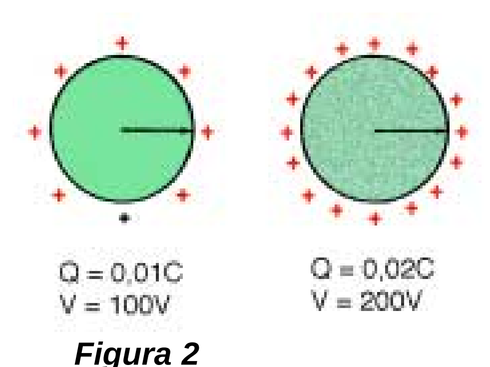
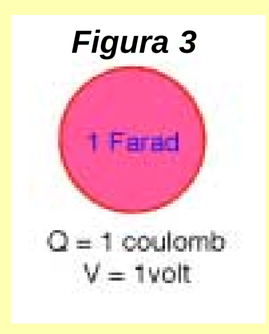


Figura 2

La potencia eléctrica es el producto de la tensión aplicada a un circuito multiplicada por la corriente que por él circula.

Figura 3



Potencia Eléctrica es la cantidad de trabajo que realiza una carga por unidad de tiempo o el trabajo que desarrolla una carga para vencer una diferencia de potencial.

La unidad de potencia eléctrica es el watt y se la designa con la letra W.

nominan algunos) utilizados en aparatos electrónicos. La estructura de los componentes modernos es muy diferente de la que tenían los primeros, de 250 años atrás, pero el principio de funcionamiento es el mismo.

La Capacidad

Para entender cómo un conductor eléctrico puede almacenar electricidad, imaginemos la situación siguiente que puede ser el tema de una experiencia práctica: Al cargar de electricidad un conductor esférico, verificamos que las cargas pueden comprimirse más o menos según el diámetro del conductor y también según la cantidad que pretendemos colocar en ese conductor.
Eso significa que esa compresión de las cargas almacenadas se manifiesta como potencial V. La carga Q en un conductor de radio R manifiesta un potencial V. Si intentamos colocar más cargas en el cuerpo, éstas aumentan el grado de compresión y, por consiguiente, el potencial también debe aumentar. Se verifica que, independientemente del radio del conductor, en las condiciones indicadas existe una proporcionalidad directa entre las cargas que podemos almacenar y la tensión que se manifestará (figura 2).
Si el cuerpo tuviera un radio R y se carga con 0,01 coulomb (unidad de carga), manifestará 100 volt y el mismo cuerpo manifestará 200 volt si se carga con 0,02 coulomb. Podemos entonces definir una magnitud llamada "capacidad" como la relación entre la carga almacenada (Q) y la tensión a que se encuentra (V). Escribimos entonces:

C = Q/V (1)

En estas condiciones, el conductor esférico funciona como "capacitor esférico".
La capacidad de almacenamiento de carga depende del radio del conductor, y este tipo de dispositivo no es de los más apropiados para los usos electrónicos, pero veremos más adelante cómo hacer algunos cálculos interesantes que lo tienen en cuenta. Nos interesa ahora la constancia de la relación Q/V que define la capacidad cuya unidad es el Farad (F). Un capacitor (no necesariamente esférico) tendrá una capacidad de 1 Farad si almacena la carga de 1 Coulomb y tiene 1 volt de tensión.
(Usamos la palabra tensión y no potencial pero el lector sabe que en este caso la diferencia no importa porque la unidad es la misma , figura 3). En la práctica, una esfera con la capacidad de 1 Farad debiera ser enorme, de manera que los capacitores que usamos en los aparatos tienen capacidades que son submúltiplos del Farad.
Tres son los submúltiplos del Farad que más se usan:

- Microfarad (µF) que es la millonésima parte de 1 Farad o 0,000001 Farad que representado en forma exponencial es 10^{-6} Farad.
- Nanofarad (nF) que es la billonésima parte de 1 Farad o 0,000000001 Farad y 10^{-9} Farad en forma exponencial.
- El picofarad (pF) que es la trillonésima parte de 1 Farad o 0, 000000000001 Farad o 10^{-12} Farad.

Vea que de la relaciones indicadas se tiene que:

- 1 nanofarad equivale a 1.000 picofarad (1nf = 1.000pF)
- 1 microfarad equivale a 1.000 nanofarad (1µF = 1.000nF)
- 1 microfarad equivale a 1.000.000 picofarad (1µF = 1.000.000pF)

Acostúmbrese a convertir estas unidades, porque aparecen con mucha frecuencia en los trabajos de electrónica.

Una carga de 100W consume una energía eléctrica de 100J por cada segundo de funcionamiento.

Capacitores Planos

Puede obtenerse una capacidad mucho mayor con una disposición adecuada de los elementos conductores. Con eso, una cantidad mucho mayor de cargas puede almacenarse en un volumen menor, dando así un componente de uso más práctico. Un capacitor básico de placas paralelas se ve en la figura 4.

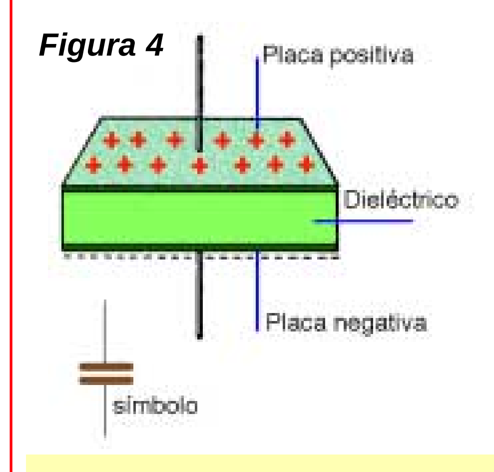
Consiste de dos placas de material conductor separadas por material aislante denominado dieléctrico. El símbolo usado para representar este tipo de capacitor recuerda mucho su disposición real y se muestra en la misma figura. Hay capacitores con disposiciones diferentes, pero como la estructura básica se mantiene (un aislante entre dos conductores) el símbolo se mantiene por lo general con pocas modificaciones.

Cuando conectamos la estructura indicada a un generador, como se ve en la figura 5, las cargas fluyen hacia las placas de manera que una se vuelva positiva y la otra negativa.

Se dice que el capacitor tiene una placa (armadura) positiva y otra negativa.

Aun después de desconectar la batería, como se mantienen las cargas, por efecto de la atracción mutua, en las armaduras el capacitor, se dice que éste está "cargado".

Figura 4



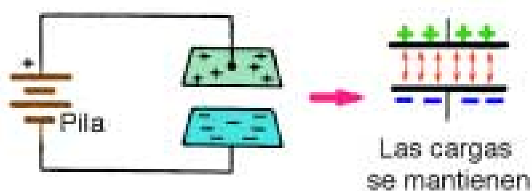


Figura 5

Como la carga en Coulombs depende no sólo de la capacidad sino también de la tensión del generador, para calcularla es necesaria la relación:

$C = Q/V$

Es así que si un capacitor de 100µF (100×10^{-6}) se conecta a un generador de 100 volts, la carga será:

$Q = CV$ (2)
$Q = 100 \times 100 \times 10^{-6}$
$Q = 10.000 \times 10^{-6}$
$Q = 10^4 \times 10^{-6}$
$Q = 10^{-2} = 0{,}01$ Coulomb

Para calcular la potencia eléctrica en cualquier circuito basta con multiplicar la tensión aplicada por la corriente que circula.

Para descargar un capacitor basta interconectar las armaduras mediante un alambre. Las cargas negativas (electrones) de la armadura negativa pueden fluir a la positiva neutralizando así sus cargas.

Vea que no importa cuál es el capacitor pues la cantidad de cargas de una armadura es igual a la cantidad de cargas de la otra; sólo es diferente la polaridad.

En la descarga, la neutralización es total (Figura 6).

Para un capacitor plano como el indicado, la capacidad puede calcularse en función de las características físicas, a saber: superficie de las placas, distancia entre ellas y naturaleza del aislante.

Podemos aplicar la fórmula siguiente:

$C = e\ A/d$ (3)

donde:
C es la capacidad en Farad (F)
d es la distancia entre placas en metros
A es la superficie de las placas en metros cuadrados

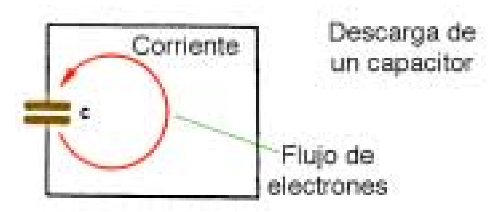


Figura 6

Un capacitor puede almacenar cargas eléctricas y para ello precisa que se aplique entre sus placas una diferencia de potencial.

Un capacitor tendrá una capacidad de 1 Farad si almacena la carga de 1 Coulomb y tiene 1 volt de tensión.

En la práctica, una esfera con la capacidad de 1 Farad debiera ser enorme, de manera que los capacitores que usamos en los aparatos tienen capacidades que son submúltiplos del Farad.

e es una constante que depende de la naturaleza del dieléctrico.
El valor depende del material considerado.
Ese valor puede calcularse mediante la fórmula:

$e = e_0 . K$ (4)

donde:
e_0 es la pérmisividad del vacío y vale 8,85 x 10^{-12} F/m
K es la constante dieléctrica y depende del material usado.

La Energía Almacenada en un Capacitor

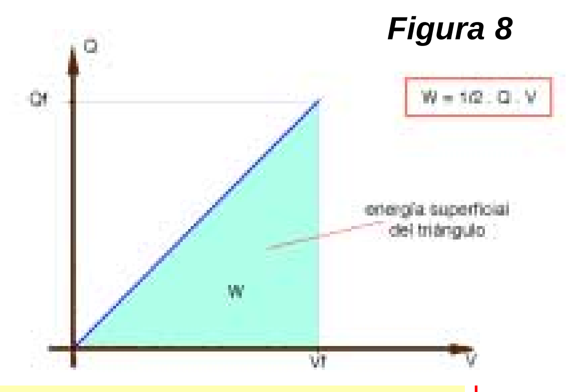
Para obligar a una cierta cantidad de cargas a permanecer en un capacitor debemos gastar una cierta cantidad de energía. En realidad esa energía que se gasta para colocar las cargas en el capacitor queda disponible para usarla en el futuro, queda almacenada en el capacitor. Cuando descargamos un capacitor mediante un conductor que presenta cierta resistencia, como muestra la Figura 7, la energía que estaba contenida en el capacitor se disipa en forma de calor.

Figura 7



La energía almacenada se disipa en calor

Puede imaginarse la carga del capacitor con el gráfico de la figura 8. Vea que a medida que va aumentando la cantidad de carga, debemos forzarlas cada vez más y eso implica una elevación de tensión.
El área de la figura hasta el punto en que dejamos de cargar el capacitor, representada por W en la figura corresponde a la energía almacenada en el capacitor. Podemos calcular la energía a partir de dos fórmulas:



$W = 0,5 \times Q \times V$ (5)

o

$W = 0,5 \times C \times V^2$ (6)

Donde:
W es la energía de Joule (J)
Q es la carga en Coulomb (C)
C es la capacidad en Farad (F)
V es la tensión en Volt (V)

Podemos comparar un capacitor cargado a un resorte comprimido. Gastamos energía (potencial) para comprimir el resorte, éste "guarda" esa energía que luego puede usarse para poner en movimiento un mecanismo. Es claro que, según veremos, la cantidad de energía que puede almacenar un capacitor no es grande y entonces su utilidad como fuente de energía es muy restringida, pero este componente tiene otras propiedades que son de gran utilidad en electrónica.

La unidad de Capacidad es el Farad (comúnmente llamada faradio), pero como es muy grande se emplean submúltiplos.

Los submúltiplos del Farad (F) son:
Microfarad (µF)
Nanofarad (nF)
Picofarad)pF)

Todo capacitor "impide" el paso de una corriente constante.

Asociación de Capacitores

Podemos obtener un efecto mayor o menor de almacenamiento de cargas, según se asocien distintos capacitores, del mismo modo que obtenemos efectos diferentes de resistencias al asociar resistores.
Los capacitores pueden conectarse en serie o en paralelo.

a) Asociación de capacitores en paralelo

Decimos que dos o más capacitores están asociados en paralelo cuando sus armaduras están conectadas de la manera siguiente: las armaduras positivas

están conectadas entre sí para formar la armadura positiva equivalente al capacitor; las armaduras negativas están conectadas entre sí y forman la armadura negativa equivalente al capacitor, según muestra la figura 9. Vea el lector que en esas condiciones los capacitores quedan sometidos todos a la misma tensión (V) cuando se cargan. Las cargas dependen de las capacidades.
La capacidad equivalente en esta asociación está dada por la suma de las capacidades asociadas.

C = C1 + C2 + C3 + ... + Cn (7)

Se pueden deducir las siguientes propiedades de la asociación de capacitores en paralelo:
- Todos los capacitores quedan sometidos a la misma tensión.
- El mayor capacitor (el de mayor capacidad) es el que más se carga.
La capacidad equivalente es mayor que la capacidad del mayor capacitor asociado.

b) Asociación de capacitores en serie

En la asociación en serie de capacitores, éstos se conectan como se muestra en la figura 10.
La armadura positiva del primero pasa a ser la armadura positiva del equivalente; la negativa del primero se une a la positiva del segundo; la negativa del segundo da la positiva del tercero y así sucesivamente hasta que la negativa del último queda como la armadura negativa del capacitor equivalente.
Vea que si conectamos de esta manera un conjunto cualquiera de capacitores (aun de valores totalmente diferentes) ocurre un proceso de inducción de cargas, de modo que todas las armaduras queden con las mismas cantidades (figura 11). Según el valor del capacitor (capacidad) la tensión hallada tendrá valores diferentes.
Puede darse la fórmula:

C1 = Q/V1; C2 = Q/V2; C3 = Q/V3...

Cn = Q/Vn

Como la suma de las tensiones de estos capacitores asociados debe ser la tensión en las armaduras del capacitor equivalente; podemos escribir:

V = V1 + V2 + V3 + ... + Vn

Reemplazando el valor de V en cada una de las expresiones de capacidad:

V = Q/C1 + Q/C2 + Q/C3 + ... + Q/Cn

Sacando Q como factor común:

V = Q (1/C1 + 1/C2 + ... + 1/Cn)

Dividiendo por Q ambos miembros de la igualdad, tenemos:

V/Q = 1/C1 + 1/C2 = + 1/C3

V/Q = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + ... + 1/Cn

Pero:

V/Q es 1/C

Luego:

1/C = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + ... + 1/Cn (8)

De esta fórmula podemos deducir las siguientes propiedades de la asociación en serie de capacitores:

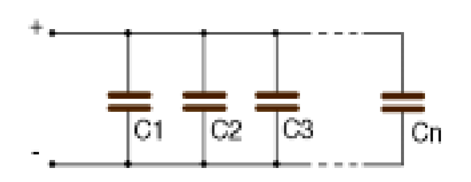


Figura 9

Un capacitor plano puede almacenar más cargas que una esfera. Consiste de dos placas de material conductor separadas por material aislante denominado dieléctrico.

Figura 10

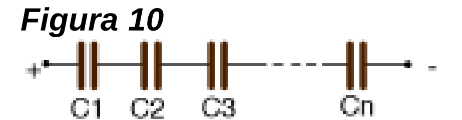




Figura 11

Se dice que el capacitor tiene una placa (armadura) positiva y otra negativa.

Para descargar un capacitor basta interconectar las armaduras mediante un cable. Las cargas negativas (electrones) de la armadura negativa pueden fluir a la positiva neutralizando así sus efectos.

Cuando descargamos un capacitor mediante un conductor que presenta cierta resistencia, la energía que estaba contenida en el capacitor se disipa en forma de calor.

Podemos comparar un capacitor cargado a un resorte comprimido. Gastamos energía (potencial) para comprimir el resorte, éste "guarda" esa energía que luego puede usarse para poner en movimiento un mecanismo.

Dos capacitores conectados en serie tienen una capacidad menor que la del componente más pequeño.



-Todos los capacitores quedan con la misma carga.
- El menor capacitor queda sometido a la mayor tensión.
- La capacidad equivalente es menor que la capacidad del menor capacitor asociado.
- Todos los capacitores se cargan y descargan al mismo tiempo.

Conclusión

Dos casos particulares son interesantes en las asociaciones en serie y en paralelo de capacitores.
Cuando los capacitores son iguales, la asociación puede tener la capacidad equivalente calculada con más facilidad por las fórmulas siguientes:

a) Serie: C = C1/n
donde
C es la capacidad equivalente.
C1 es el valor de cada uno de los capacitores asociados.
n es el número de capacitores.

b) Paralelo: C = n x C1
donde
C, C1 y n son los del caso anterior.

CONTENIDO DEL CD Nº 2

La obra está dirigida a todo el público en general interesado en aprender electrónica básica y saber cómo se manejan los instrumentos (multímetro, osciloscopio, generador de funciones, inyector de señales, analizador dinámico, fuente de alimentación, etc.) pero sobre todo está orientado a estudiantes, aficionados y docentes, dado que cada tema se explica desde el comienzo, presumiendo que el lector no posee conocimientos previos de la especialidad. La Enciclopedia se complementa con CDs (éste es uno de ellos) y bibliografía adicional a la que puede acceder por Internet dirigiéndose a:

www.webelectronica.com.ar

Debe hacer click en el ícono PASSWORD y luego ingresar las claves que se dan en los CDs.
El contenido del CD que acompaña a este tomo es el siguiente:

a) Un Archivo LEAME: Indispensable leer de comienzo a fin de explorar el CD con éxito
b) Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER
c) Video Presentación
d) Enciclopedia Visual Parte 2
e) Curso de Electrónica con Prácticas Parte 2
f) 150 Montajes
g) Video “Manejo del Osciloscopio”
h) Programas de Electrónica
i) CDs, Libros y Videos.

Muchos archivos están comprimidos, siendo necesario el WINZIP. Si no lo posee puede ejecutarlo desde la opción PROGRAMAS del menú de este CD.

Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER

Estos programas son indispensables para explorar el CD, ver los archivos de texto que contiene y visualizar los videos. Si no están instalados en su PC hágalo cuando el CD se lo pregunte.

Video Presentación

En este video el Ing. Horacio Vallejo, realizador de la obra, lo guía paso a paso para que pue-

da explorar el CD de la forma más rápida y efectiva. Le sugerimos ver este video para obtener el mayor provecho posible.

Enciclopedia Visual Parte 2

Se dan los fascículos 5 a 8 de la ENCICLOPEDIA VISUAL DE LA ELECTRONICA, obra complementaria que enseña con mayor profundidad los conceptos vertidos en cada tomo escrito de la obra.

Curso de Electrónica con Prácticas

Este Curso de Electrónica es el primer sistema de enseñanza a distancia con seguimiento personal a través de Internet. El curso se compone de 14 lecciones, 5 series de prácticas y 6 evaluaciones. Los exámenes son la parte del curso (quizá la más tediosa para muchos) en la que el alumno deberá responder y si lo desea, enviar a las direcciones que se mencionan en el CD para su corrección. Sin embargo, Ud. posee la respuesta a cada examen en Internet. En cualquier momento puede realizar consultas por medio de los formularios que hemos habilitado en Internet para tal fin.
Cabe aclarar que en este CD se encuentran las lecciones 5 y 6, la Práctica número 2 y el examen 3. En lo sucesivo se continuará con este curso.

150 Montajes

En este archivo Ud. cuenta con 150 circuitos electrónicos para armar y disfrutar "construyendo" mientras aprende electrónica. Entre los proyectos que contiene esta sección podemos mencionar los siguientes:

Amplificadores, Osciladores, Mezcladores, Preamplificadores, Generadores, Interruptores, Adaptadores, Instrumentos, Protecciones, Fuentes, Conversores, Controles de Velocidad, etc.

Video "Manejo del Osciloscopio"

Este es un video de unos 15 minutos de duración que muestra qué es un osciloscopio y cómo se manejan sus controles. Con él aprenderá a realizar mediciones básicas.

Programas

Esta es una de las secciones más importantes de nuestro CD dado que contiene muchos utilitarios para realizar diferentes tareas.
Al acceder a este MENU, se encuentran los programas que hemos seleccionado que son:
1) Manual Interactivo de Componentes y Reemplazos: En el CD Nº 1 de esta obra se dió un manual que posee características de más de 96.000 componentes que se ejecuta desde DOS. En esta oportunidad se brinda un manual que permite buscar mucha más información a través de Internet. Al hacer click sobre esta opción aparece la carpeta que contiene un archivo comprimido. Copie esta carpeta en el disco rígido de su PC y lea el archivo "léame", posteriormente descomprima el programa y ejecute su instalación. Siga las instrucciones que aparecen en pantalla.
2) Programa de Búsqueda de Fallas y Soluciones de TV: Este programa, denominado ICTV es una verdadera biblioteca de ayuda interactiva que le permite buscar circuitos, componentes, reemplazos, etc. Además puede localizar fallas y colocar comentarios. Puede ingresar al menú por medio del modelo del aparato o a través de algún circuito integrado. Posee varias opciones de búsqueda. Ud puede ampliar la base de datos agregando sus experiencias y observaciones. Para acceder a él, debe hacer click en esta opción y copiar la carpeta en el disco rígido de su computadora, luego haga click en el archivo menú.exe y siga las instrucciones de pantalla.
3) MPLAB: Este es un programa editor, simulador y emulador para utilizar con microcontroladores de la familia MICROCHIP. Con este programa se pueden construir proyectos que le permitirán realizar programas de microcontroladores y cargarlos en el circuito integrado. Para usarlos copie la carpeta dentro del disco rígido de su PC, ejecute los archivos. Mayores instrucciones de uso e instalación puede obtenerlos de la dirección: www.microchip.com.
4) Winzip: Es el clásico utilitario necesario para comprimir y descomprimir archivos.
5) A-FILTER.ZIP: Diseño de filtros con amplificadores operacionales. Calcula el valor de resistores y capacitores para diferentes opciones.
6) AUTOSKEM.ZIP: Permite REALIZAR, importar y exportar esquemas para hacer circuitos.
7) SEMIFILE.ZIP: Programa que establece referencias para circuitos integrados. Debe ingresar datashets (se incluyen direcciones).

Utilitarios

Gran cantidad de utilitarios para probar y optimizar computadoras. Lea el archivo apropiado para saber cómo emplearlos.

Libros

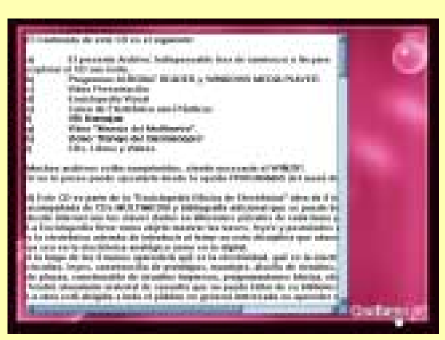
Service de Equipos Electrónicos: Texto escrito por el Ing. Vallejo que le enseña a utilizar los instrumentos para realizar mediciones, buscar fallas y hacer reparaciones.













Magnetismo
Bobinas e Inductancia
Reactancia: Xc y XL
Generación de Corriente Alterna

- **Enciclopedia Visual:** Tomos 9 a 12
- **Curso de Electrónica con Prácticas y Evaluaciones:** Tercer Módulo
- **Video:** Manejo del Multímetro II
- Diccionario de Electrónica y Computación
- Diccionario Técnico Inglés - Español
- 30 Diagramas Gigantes de Equipos Electrónicos
- **Memorias:** Teoría y 3 Circuitos Cargadores con sus Programas
- Programas y Utilitarios Varios

Contenido del CD

AUDIO, TV, VIDEO

Precio en: Argentina: $8,90
México $20 M.N.
Venezuela: $10,000.00
Colombia: $14,000.00
Otros Países: U$S6

TEORIA Y PRACTICA

00003
9 789871 116119
ISBN: 987-1116-10-1



PRESENTA

ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA

TOMO 3

Coordinado por: Ing. Horacio D. Vallejo

Editado por:
EDITORIAL QUARK S.R.L.
Herrera 761/63 (1295) Buenos Aires, Argentina
Tel./fax: (0054-11) 4301-8804

Director: Horacio D. Vallejo

Impresión: New Press Grupo Impresor S.A., Bs. As., Argentina - agosto 2003.

Distribución en Argentina: Capital: Distribuidora Cancellaro e Hijo SH, Gutemberg 3258, Buenos Aires - Interior: Distribuidora Bertrán S.A.C., Av. Vélez Sarsfield 1950, Buenos Aires
Distribución en Uruguay: Rodesol, Ciudadela 1416, Montevideo.
Distribución en México: Saber Internacional SA de CV, Hidalgo 7A, Ecatepec de Morelos, Ed. México, México, (0155) 5787-8140
Distribución en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Paraguay, Chile y Centroamérica: Solicitar dirección del distribuidor al (005411)4301-8804 o por Internet a:

www.webelectronica.com.ar

(Los compradores de esta edición tienen acceso a información adicional con el password: enci3)

ISBN Obra Completa: 987-1116-10-1

Prólogo

La "Enciclopedia de Electrónica Básica", es una obra de 6 tomos acompañada de CDs MULTIMEDIA y bibliografía adicional que se puede bajar gratuitamente desde Internet con las claves dadas en diferentes párrafos de cada tomo y de los CDs.

La Enciclopedia tiene como objeto mostrar las bases, leyes y postulados de la electricidad y la electrónica además de introducir al lector en esta disciplina que abarca varias ramas ya sea en la electrónica analógica como en la digital.

Esta enciclop[edia posee temas que se desarrollan también en el CD "Enciclopedia Visual de la Electrónica" y en "Teoría Servicio y Montajes". Esto es así porque los postulados de la electrónica son siempre los mismos y empleamos igual bibliografía para cada caso. Sin embargo, en la medida que avanza la obra, notará que la que está leyendo en estos momentos está dirigida a que Ud. "aprenda" electrónica mientras que "Teoría, Servicio y Montajes" está orientada a los técnicos reparadores. Por otra parte, en los CDs de esta Enciclopedia encontrará abundante material práctico que no posee la "Enciclopedia Visual". Por lo dicho, aclaramos que son tres productos creados con diferentes objetivos aunque algunos de los temas tratados sean los mismos.

INDICE

MAGNETISMO

El magnetismo es la propiedad que tienen algunos materiales de atraer a otros. Sabemos por ejemplo, que con un imán se puede atraer a un alfiler y esto es posible porque el imán genera un campo magnético.

Introducción

El magnetismo es la propiedad que tienen algunos materiales de atraer a otros. Sabemos por ejemplo, que con un imán se puede atraer a un alfiler y esto es posible porque el imán genera un campo magnético.
Es posible demostrar que el paso de corriente por un conductor va acompañado de efectos magnéticos; la aguja de una brújula colocada cerca de un conductor, por ejemplo, se desviará de su posición normal norte-sur.

"La corriente crea un campo magnético".

Hans Chistian Oersted se dió cuenta de este fenómeno, ya que colocando una aguja imantada cerca de un alambre conductor, cuando se establecía la corriente en el conductor, la aguja se desplazaba hacia una posición perpendicular al alambre, como se muestra en la figura 1.

La transferencia de energía al campo magnético representa el trabajo efectuado por la fuente de alimentación (FEM). Se requiere potencia para hacer trabajo, y puesto que la potencia es igual a la corriente multiplicada por la tensión, debe haber una caída de tensión en el circuito durante el tiempo en que la energía está almacenándose en forma de campo magnético.
El movimiento de la aguja imantada sólo revelaba que las corrientes eléctricas producen campos magnéticos y también facilitaba el establecimiento exacto de la orientación de este campo, o sea su modo de acción. Como en el caso de los campos eléctricos, podemos representar los campos magnéticos por líneas de fuerza. En un imán, como se muestra en la figura 2, esas líneas salen del polo norte (N) y llegan al polo sur (S).
Teniendo en cuenta la corriente eléctrica que fluye en el conductor, verificamos que las líneas de fuerza lo rodean, tal como muestra la figura 3. Representando con una flecha la corriente que fluye del positivo hacia el negativo, tenemos una regla que permite determinar cómo se manifiesta el campo. Con la flecha entrando en la hoja (corriente entrando) las líneas son concéntricas, con orientación en el sentido horario (sentido de las agujas del reloj). Para la corriente saliente, las líneas se

Figura 1

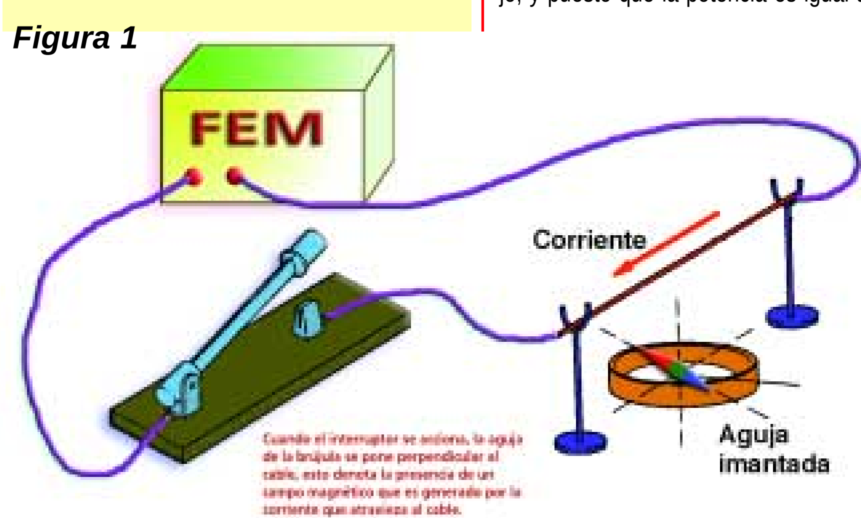
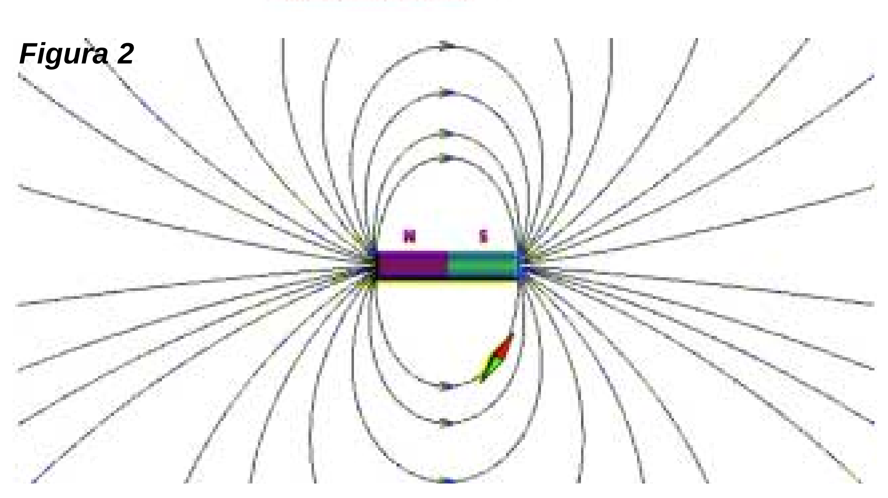


Figura 2



orientan en el sentido antihorario. El hecho importante es que disponiendo conductores recorridos por corrientes de formas determinadas, podemos obtener campos magnéticos muy fuertes, útiles en la construcción de diversos dispositivos.
Ahora bien, si tenemos una carga eléctrica, alrededor de esta carga existe un campo eléctrico cuyas líneas de fuerza se orientan como muestra la figura 4. Una carga eléctrica en reposo (detenida) posee sólo campo eléctrico. Sin embargo, si se pone en movimiento una carga eléctrica, lo que tendremos será una manifestación de fuerzas de naturaleza diferente: tendremos la aparición de un campo magnético. Este campo tendrá líneas de fuerza que envuelven la trayectoria de la carga. El campo eléctrico puede actuar sobre cualquier tipo de objeto, provocará atracción o repulsión según su naturaleza. El campo magnético sólo actúa atrayendo o repeliendo, sobre materiales de determinada naturaleza de forma más eminente. Teniendo en cuenta el origen del campo magnético podemos explicar fácilmente por qué ciertos cuerpos son imanes y por qué una corriente puede actuar sobre una aguja magnetizada.
Los electrones que se mueven alrededor de los átomos lo hacen de manera desordenada, de modo que el campo producido por cada uno se anula con el de otro. En un imán, todos los electrones giran para el mismo lado, formando entonces, "imanes elementales", cuyos efectos sumados dotan al material de propiedades magnéticas. Tenemos así, cuerpos denominados imanes permanentes. Un imán permanente tiene dos polos, denominados NORTE (N) y SUR (S), cuyas propiedades son semejantes a las de las cargas eléctricas.

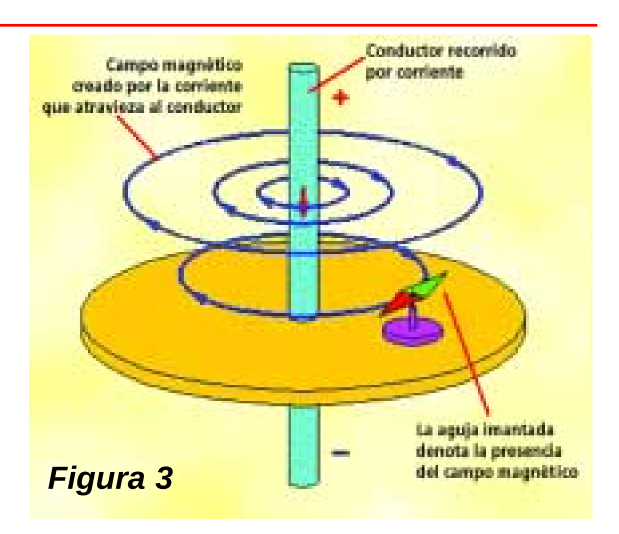
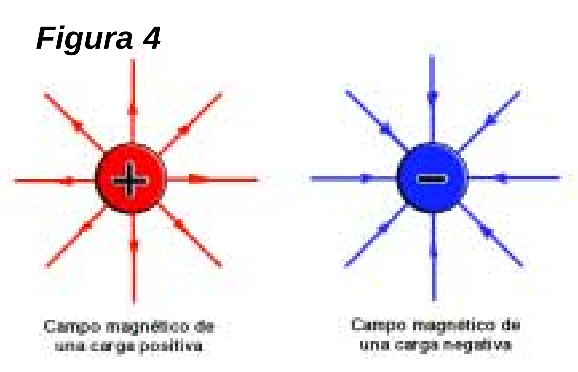


Figura 3

Figura 4


Podemos decir que polos de nombres diferentes se atraen (Norte atrae a Sur y viceversa).
Polos del mismo nombre se repelen (Norte repele a Norte y Sur repele a Sur).

Los imanes permanentes pueden ser naturales o artificiales. Entre los naturales destacamos la magnetita, una forma de mineral de hierro que ya se obtiene en los yacimientos con las propiedades que caracterizan un imán.
Los imanes artificiales con que se hacen los parlantes (bocinas) son de Alnico, que es una aleación (mezcla) de aluminio, níquel y cobalto, que no tiene magnetismo natural hasta que es establecido por procesos que veremos posteriormente. Los materiales que podemos convertir en imanes son llamados materiales magnéticos; podemos magnetizar un material que lo admita orientando sus imanes elementales. Para ello existen diversas técnicas:

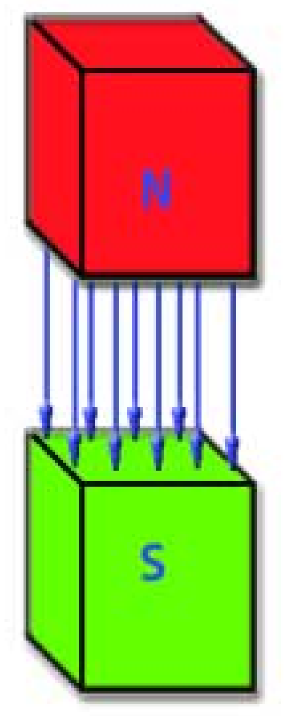
a) Fricción: de tanto usar una herramienta, una tijera, por ejemplo, los imanes elementales se orientan y ésta pasa a atraer pequeños objetos de metal, o sea, se vuelve un imán. Frotando una aguja contra un imán, orienta sus imanes elementales y retiene el magnetismo.
Advierta que existen cuerpos que no retienen el magnetismo, como por ejemplo el hierro.
Si apoyamos un imán contra un hierro, éste se magnetiza, pero en cuanto lo separamos del imán, el hierro pierde la propiedad de atraer pequeños objetos, debido a que sus imanes elementales se desorientan.

b) Mediante un campo intenso: colocando un objeto magnetizable en presencia de un campo magnético fuerte, podemos orientar sus imanes elementales y, de esta manera, convertirlos en un imán. El campo de una bobina puede ser

Disponiendo conductores recorridos por corrientes de formas determinadas, podemos obtener campos magnéticos muy fuertes, útiles en la construcción de diversos dispositivos.

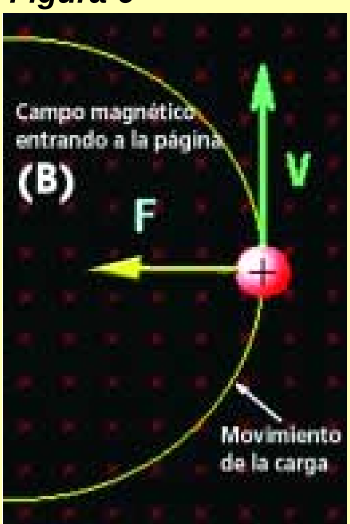
En un imán, todos los electrones giran para el mismo lado, formando entonces, "imanes elementales", cuyos efectos sumados dotan al material de propiedades magnéticas.

Figura 5



Polos de nombres diferentes se atraen (Norte atrae a Sur y viceversa).
Polos del mismo nombre se repelen (Norte repele a Norte y Sur repele a Sur).

Figura 6



suficiente para esto. Del mismo modo que los materiales pueden retener magnetismo, también pueden perderlo bajo ciertas condiciones.
Si calentamos un trozo de magnetita, o sea un imán permanente natural, a una temperatura de 585°C, el magnetismo desaparece. Esta temperatura es conocida con el nombre de Punto Curie y varía de acuerdo a los diferentes materiales.
Imaginemos los polos de un imán permanente, como muestra la figura 5. Tenemos un campo uniforme, dado que las líneas de fuerza son paralelas (dentro del espacio considerado). Pues bien, colocando diversos tipos de materiales entre los polos del imán, podemos observar lo siguiente:

a) El material "dispersa" las líneas de fuerza del campo magnético.
El material en cuestión se llama "diamagnético", tiene una susceptibilidad magnética menor que 1 y presenta la propiedad de ser ligeramente repelido por los imanes (cualquiera de los dos polos). Entre los materiales diamagnéticos citamos el COBRE, el VIDRIO y el BISMUTO.

b) El material concentra las líneas de fuerza de un campo magnético.
Si la concentración fuera pequeña (susceptibilidad ligeramente mayor que 1), diremos que la sustancia es paramagnética, como por ejemplo el aluminio, el aire, el platino y el tungsteno.
Si bien existe una fuerza de atracción de los imanes por estos materiales, la misma es muy pequeña para ser percibida.
En cambio, si la concentración de las líneas de fuerza fuera muy grande (susceptibilidad mucho mayor que 1), entonces el material se denomina "ferromagnético", siendo atraído fuertemente por el imán. El nombre mismo nos está diciendo que el principal material de este grupo es el hierro.
Los materiales ferromagnéticos son usados para la fabricación de imanes y para la concentración de efectos de los campos magnéticos.
Los materiales diamagnéticos se utilizan en la construcción de blindajes, cuando deseamos dispersar las líneas de fuerza de un campo magnético.

CÁLCULOS CON FUERZAS MAGNÉTICAS

Sabemos que al existir cargas eléctricas separadas, entre ellas se genera un campo eléctrico. Si colocamos una carga eléctrica bajo la acción de un campo eléctrico, la misma queda sujeta a una fuerza; esta fuerza puede ser calculada mediante la ecuación:

$$F = q \cdot E$$

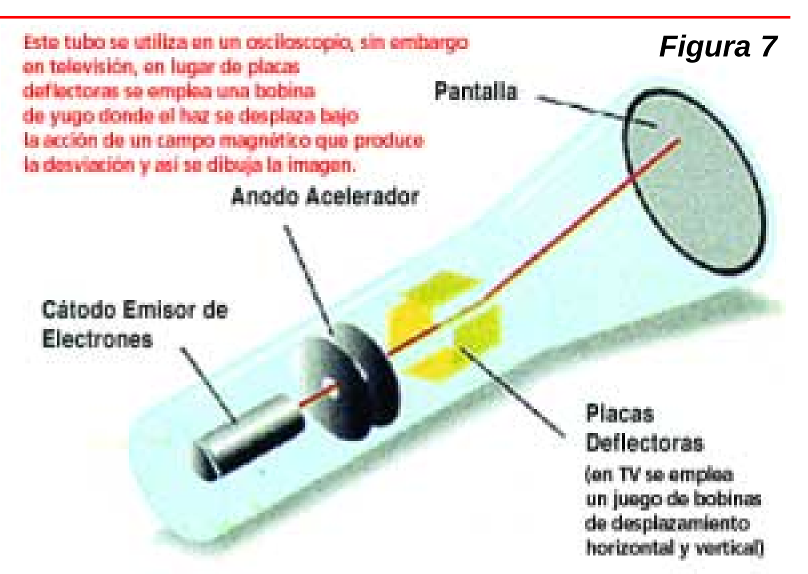
donde:
F es la intensidad de la fuerza (en Newton -N-).
q es el valor de la carga (en Coulomb -C-) y
E es la intensidad del campo (en N/C).

Lo mismo ocurre con una carga sometida a la acción de un campo magnético. Podemos definir una magnitud equivalente a E (Vector de intensidad de Campo), que se denomina Vector de Inducción Magnética, el cual es representado por la B (figura 6). La unidad más común para medir el Vector Inducción Magnética es el Tesla (T), pero también encontramos el Gauss (G).

$$1\ T = 10^4 G$$

Los efectos electromagnéticos se emplean para la construcción de diferentes equipos y aparatos usados en electrónica, así tenemos relés y, lo que es más importante, los tubos de rayos catódigos o pantalla del TV en los que la deflexión de un haz electrónico que "dibuja" la imagen sobre la pantalla se consigue por medio de la acción de un campo electromagnético que desvía a dicho haz.
Es por este motivo que el lector debe conocer los efectos que produce un campo eléctrico, un campo magnético y ambos campos asociados.

Figura 7



a) Fuerza en un campo eléctrico

Suponiendo dos placas paralelas, como muestra la figura 7, sometidas a una tensión V (+Ve; -V), entre ellas existe un campo eléctrico uniforme cuya intensidad es:

$$E = V/d$$

(**V** = Potencial y **d** = distancia)
Si entre las placas lanzamos una carga eléctrica, un electrón, o una carga, ésta quedará sujeta a una fuerza que depende de dos factores: su polaridad y su intensidad. Si la carga fuera positiva, la fuerza se ejercerá en el sentido de empujarla hacia la placa negativa y, si fuera negativa, al contrario. La intensidad de la fuerza estará dada por:

$$F = q \cdot E$$

Donde:
F es la fuerza en Newtons.
q es la fuerza en Coulombs.
E es la intensidad de campo en V/m o N/C.
En el caso de un campo magnético, el comportamiento de la carga lanzada es un poco diferente.
De hecho, sólo existirá la fuerza si la carga estuviera en movimiento. Una carga estática no es influenciada por campos magnéticos.

b) Fuerza en campos magnéticos

La fuerza a que queda sometida una carga eléctrica lanzada en un campo magnético es denominada Fuerza de Lorentz y tiene las siguientes características: Cuando una carga eléctrica en movimiento, se desplaza en una zona donde existe un campo magnético, además de los efectos regidos por la ley de Coulomb, se ve sometida a la acción de una fuerza.
Supongamos que una carga Q, que se desplaza a una velocidad v, en el interior de un campo magnético B. Este campo genera que aparezca una fuerza F, que actúa sobre la carga Q, de manera que podemos evaluar dicha fuerza por la expresión:

$$F = Q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\, \phi$$

La fuerza es el resultado de un producto vectorial por lo cual será perpendicular a la velocidad y al campo magnético. Al ser perpendicular a la velocidad de la carga, también lo es a su trayectoria, por lo cual dicha fuerza no realiza tra-

Los imanes permanentes pueden ser naturales o artificiales. Entre los naturales destacamos la magnetita, una forma de mineral de hierro que ya se obtiene en los yacimientos con las propiedades que caracterizan un imán.

Los efectos electromagnéticos se emplean para la construcción de diferentes equipos y aparatos usados en electrónica, así tenemos relés y, lo que es más importante, los tubos de rayos catódicos o pantalla del TV en los que la deflexión de un haz electrónico que "dibuja" la imagen sobre la pantalla se consigue por medio de la acción de un campo electromagnético que desvía a dicho haz.

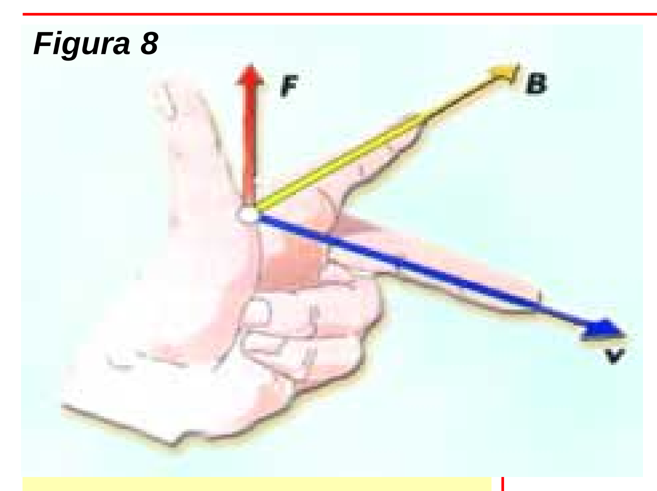


Figura 8

bajo sobre la carga, lo que supone que no hay cambio de energía cinética, o lo que es lo mismo, no cambia el módulo de la velocidad. La única acción que se origina, cuando la partícula entra en el campo magnético, es una variación de la dirección de la velocidad, manteniéndose constante el módulo (vea nuevamente la figura 6).

Este cambio de dirección es debido a que la fuerza que aparece va a actuar como fuerza que lo lleva al centro, originando un movimiento de rotación de la partícula en el interior del campo magnético. En la figura 8, B representa al campo, cuyo sentido es hacia el interior de la página. F es la fuerza que tiene dirección "radial" y v es la velocidad de la carga.

Existe una regla muy sencilla para obtener la dirección, obvia por ser el resultado de un producto vectorial, y el sentido de la fuerza que actúa sobre la carga. Se conoce con el nombre de la "Regla de la mano izquierda" como muestra la figura 8.

Representando el campo (B) con el dedo índice y la velocidad (v) con el dedo del medio, la fuerza que actuará sobre la carga estará dada por la posición del pulgar (F).

Si la carga fuera negativa, se invierte el sentido de F. Observe que si lanzamos una carga paralela a las líneas de fuerza del campo magnético (B paralelo a v), entonces, el seno ø será nulo. En estas condiciones, no habrá ninguna fuerza que actúe sobre la carga.

Existe una regla muy sencilla para obtener la dirección, obvia por ser el resultado de un producto vectorial, y el sentido de la fuerza que actúa sobre la carga. Se conoce con el nombre de la "Regla de la mano izquierda".

Los Relés

Cuando una corriente recorre un conductor, aparece un campo magnético que tiene la misma naturaleza que el que se produce con una barra de imán permanente y así puede atraer o repeler objetos de metal.

Ahora, el campo creado por una corriente que recorre un conductor rectilíneo es muy débil. Se necesita una corriente relativamente intensa, obtenida de pilas grandes o de batería, para que se observe el movimiento de la aguja imantada. Para obtener un campo magnético mucho más intenso que éste, con menos corriente y a partir de alambres conductores, pueden enrrollarse los alambres para formar una bobina o solenoide.

Cada vuelta de alambre se comporta como un conductor separado y, entonces, el conjunto tiene como efecto la suma de los efectos de las corrientes. De esta manera, en el interior del solenoide tenemos la suma de los efectos magnéticos.

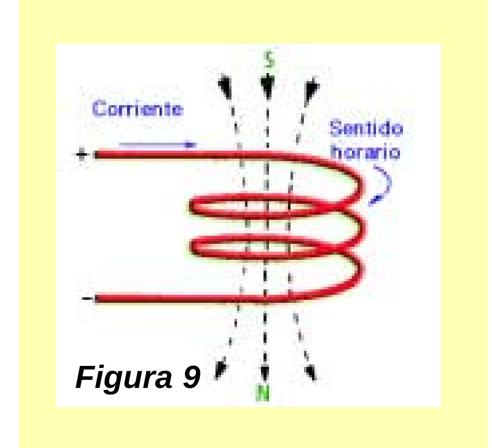


Figura 9

En la figura 9 se grafica la forma de obtener el sentido del campo magnético generado cuando se conoce la polaridad de la corriente. Se observa que la bobina se comporta como un imán en forma de barra con los polos en los extremos. Cualquier material ferroso, en las cercanías de la bobina, será atraído por el campo magnético que ésta genera.

Si en el interior de la bobina coloco un núcleo de hierro, el campo magnético se incrementa, y puede atraer a otros objetos ferrosos más pesados.

Al conjunto así formado se lo llama electroimán y posee innumerables aplicaciones, por ejemplo en grúas, válvulas en lavarropas, maquinarias textiles, etc.

La estructura de un relé se muestra en la figura 10. Se puede apreciar que en las cercanías del electroimán recién estudiado se

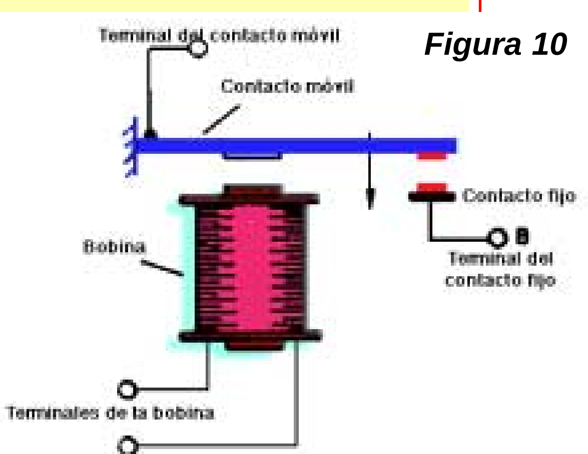


Figura 10

coloca un juego de contactos eléctricos. En el caso de la figura, cuando no circula corriente por el solenoide (bobina), los contactos permanecen abiertos. Cuando la bobina es energizada, el campo magnético atrae el contador móvil que se ***"pega"*** con el fijo, y cierra, de esta manera, algún circuito eléctrico.

Otro tipo de relé es el llamado ***"reed-relé"***, cuyo aspecto funcional se ve en la figura 11. Es un interruptor de láminas encerradas en un tubo de vidrio lleno de gas inerte. Con el gas inerte, las chispas que se producen durante el cierre y apertura de los contactos no les causan daños (no se queman).

El "reed-switch", que es un interruptor de láminas, se acciona, en condiciones normales, por la aproximación del imán. Una aplicación importante de este componente está en los sistemas de alarma, en los que la apertura de una puerta o una ventana hace que un imán abra o cierre los contactos de una reed-switch activando la alarma.

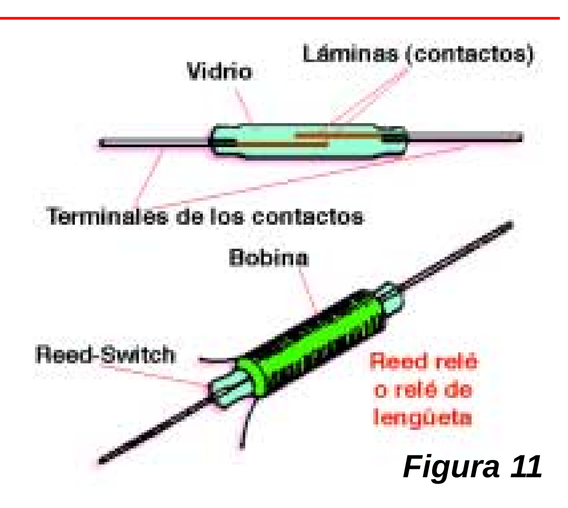


Figura 11

En el caso de un reed-relé, el accionamiento de los contactos lo efectúa el campo magnético de un solenoide que envuelve la ampolla. Con muchas espiras de alambre barnizado pueden obtenerse relés ultra sensibles, capaces de cerrar los contactos con corrientes de bobina de pocos miliamperes. La corriente de contacto depende exclusivamente del "reed-switch" que se use, pero son típicas las del orden de 100mA a 2A. La ventaja principal de este relé, además de la sensibilidad, es la posibilidad de montaje en un espacio muy reducido, pues el componente es de pequeñas dimensiones.

Cuando una corriente recorre un conductor, aparece un campo magnético que tiene la misma naturaleza que el que se produce con una barra de imán permanente y así puede atraer o repeler objetos de metal.



El Generador de Corriente Alterna

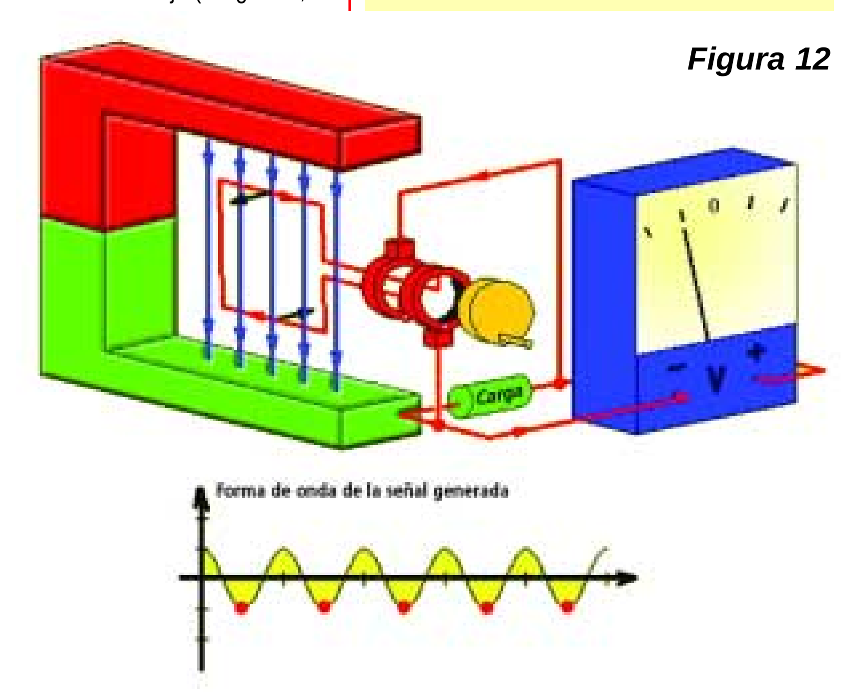
Si hago girar una espira conductora dentro de un campo magnético, en ella se genera una tensión cuya forma de onda y módulo depende de las características tanto del campo magnético como de la espira.

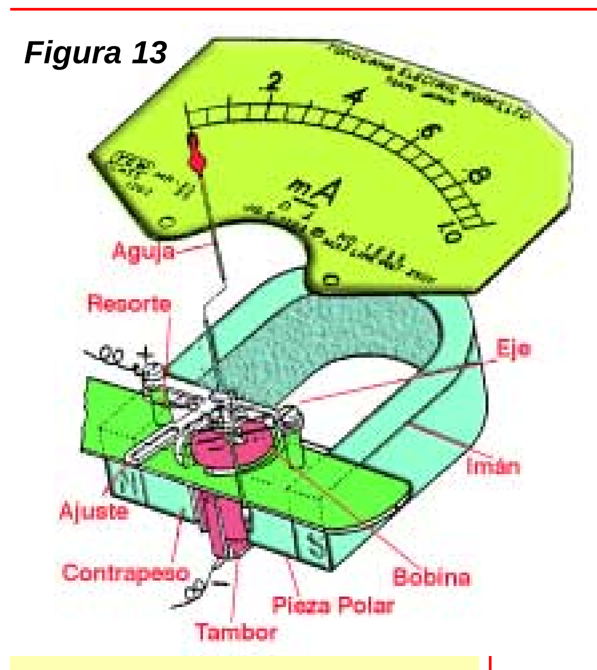
En la figura 12 se observa un generador de corriente elemental, donde se muestran simplificadamente sus partes más importantes para mayor claridad. En lugar de un armazón con un núcleo de hierro y muchos bobinados, hay una única espira conductora cuadrada girando alrededor de un eje (imaginario, en el dibujo no está), dentro de un campo magnético permanente generado por un imán.

Note que en la parte inferior de la figura se observa la forma de onda de la tensión generada. Los puntos rojos sobre dicha gráfica representan los puntos en el momento en que se está considerando en la figura donde la espira está en un punto tal que al moverse corta la mayor cantidad de líneas de fuerza del campo magnético y como consecuencia se genera la máxima tensión.

La dos flechas en negro marcan el sentido instantáneo del movimiento. Las líneas de campo magnético aparecen en azul, dirigiéndose desde el polo norte (pintado en rojo) hacia el polo sur (pintado en verde). Las flechas en rojo representan el sentido convencional de la corriente inducida en el generador.

Figura 12





Los Galvanómetros

El galvanómetro de bobina móvil o de D'Arsonval es un componente electrónico que utiliza el efecto magnético de la corriente. Se usa este dispositivo para medir corrientes eléctricas para aprovechar justamente el hecho de que el campo magnético y, por consiguiente, la fuerza que actúa con el imán, es proporcional a la corriente que pasa por la bobina. En la figura 13, vemos este componente en forma simplificada. Entre los polos de un imán permanente se coloca una bobina que puede moverse respecto de dos ejes que sirven también de contactos eléctricos. Resortes espiralados limitan el movimiento de la bobina, el que se hace más difícil cuando se acerca al final del recorrido.

En la bobina se coloca una aguja que se desplaza sobre una escala. Cuando circula corriente por la bobina se crea un campo magnético que interactúa con el campo del imán permanente, surgiendo, entonces, una fuerza que tiende a mover el conjunto. El movimiento será tanto mayor cuanto más intensa sea la corriente. Podemos, así, calibrar la escala en función de la intensidad de la corriente. Son comunes los galvanómetros que tienen sus escalas calibradas con valores máximos, llamados también ***"fondo de escala"***, entre 10µA (microamperes) y 1mA (miliampere). Los galvanómetros pueden formar parte de diversos instrumentos que miden corrientes (miliamperímetros o amperímetros), que miden tensiones (voltímetros, resistencias ohmímetros), o que miden todas las magnitudes eléctricas (multímetros).

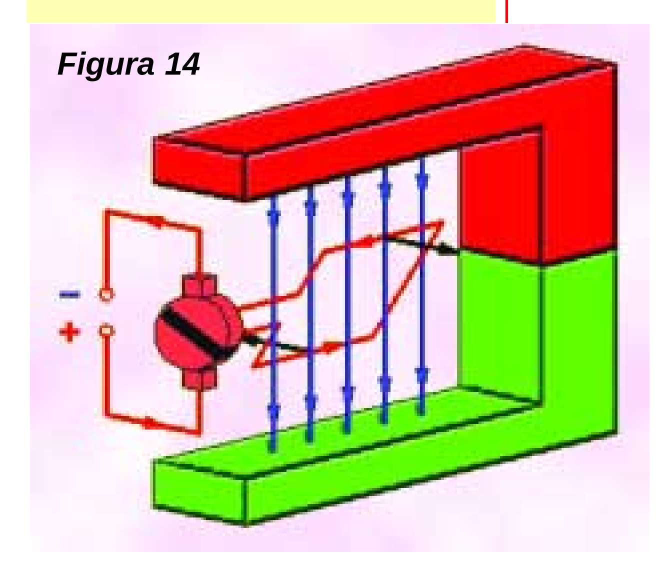
Para obtener un campo magnético muy intenso, con menos corriente y a partir de alambres conductores, pueden enrrollarse los alambres para formar una bobina o solenoide.

El Motor de Corriente Continua

Si al generador de la figura 12 le hacemos unos pequeños retoques, lo convertimos en un motor de corriente continua, tal como se aprecia en la figura 14. Se trata de un motor de corriente continua elemental, mostrando sus partes más importantes simplificadamente para mayor claridad.

En lugar de un armazón con un núcleo de hierro y muchos bobinados, hay una única espira conductora cuadrada girando alrededor de un eje, el cual no se dibuja.

Las flechas rojas indican el sentido convencional de la corriente (de más a menos). Las líneas de campo magnético aparecen en rojo, dirigiéndose desde el polo norte (pintado en azul) hacia el polo sur (pintado en verde). Las flechas de color negro representan la fuerza de Lorentz que se ejerce sobre un conductor por el que circula una corriente eléctrica situado en el seno de un campo magnético.



Los Inductores

Podemos reforzar en forma considerable el campo magnético creado por una corriente que circula en un conductor, si enrrollamos el conductor para formar una bobina. La inductancia de una bobina es también mucho mayor que la de un conductor rectilíneo. Tenemos, entonces, componentes llamados inductores (que aparecen en los diagramas represen-

tados por espirales con letras "L") que presentan inductancias, o sea una inercia a las variaciones bruscas de la corriente (figura 15). Los inductores pueden tener diversas características de construcción según la aplicación a la que se destinan. Tenemos, entonces, los inductores de pequeñas inductancias, formados por pocas espiras de alambre, con o sin un núcleo de material ferroso en su interior. La presencia del material ferroso aumenta la inductancia, multiplicada por un factor que puede ser bastante grande.
La unidad de inductancia es el Henry, H en forma abreviada.
El múltiplo más usado es:

-El milihenry (mH) que vale 0,001 Henry, o milésima parte del Henry.

Los pequeños inductores para aplicaciones en frecuencias elevadas tienen inductancias que varían entre pocos microhenry y milihenry, mientras que los que se usan para frecuencias medias y bajas pueden tener inductancias hasta de algunos Henry. Vea en la figura 16 algunas bobinas comerciales.
La oposición o inercia que presenta el inductor a las variaciones de intensidad de la corriente depende de la cantidad de líneas de fuerza que cortan el conductor o espiras de la bobina.
Denominamos flujo magnético, representado por Ø, al número de líneas de fuerza que atraviesan una cierta superficie (S). Calculamos el flujo en una espira de la bobina mediante la fórmula:

$$Ø = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

En la que:
Ø es la intensidad del flujo magnético que se mide en weber, cuyo símbolo es Wb.
B es la intensidad de la inducción magnética medida en Tesla (T).
S es la superficie rodeada por la espira, en metros cuadrados.
Si tuviéramos una bobina con n espiras, basta multiplicar el segundo miembro de la fórmula por n:

$$Ø = n \cdot B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

Si en el interior del solenoide o bobina se colocara un núcleo de material ferroso, debemos multiplicar la permeabilidad del material por el resultado.
Partiendo de esta fórmula del flujo se puede, fácilmente, llegar a la fórmula de la inductancia propiamente dicha, que será válida para solenoides en los que la longitud no sea mucho mayor que el diámetro.
Tenemos, entonces:

$$L = \frac{1,257 \cdot n^2 \cdot S \cdot 10^{-8}}{l}$$

En la que:
L es la inductancia en Henry (H).
n es el número de espiras del solenoide.
l es la longitud del solenoide en centímetros.
S es la superficie rodeada por una espira, en centímetros cuadrados.

Los valores **1,257 y 10^{-8}** son constantes que dependen de la permeabilidad magnética del medio, en este caso del aire, además de las unidades de longitud y superficie que se utilicen.

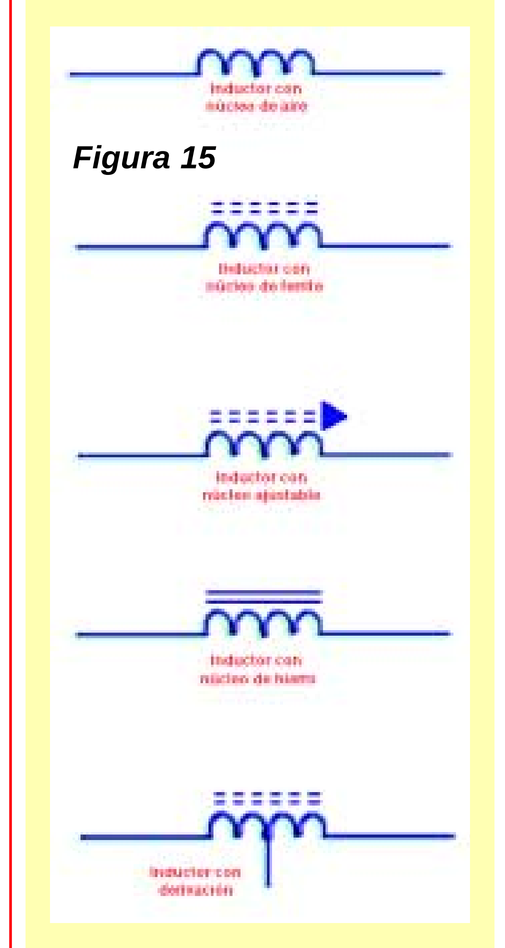


Figura 15

Cada vuelta de alambre de un solenoide se comporta como un conductor separado y, entonces, el conjunto tiene como efecto la suma de los efectos de las corrientes. De esta manera, en el interior del solenoide tenemos la suma de los efectos magnéticos.

Figura 16



Pero... ¿qué es la inductancia?

Recuerde que la transferencia de energía al campo magnético representa trabajo efectuado por la fuente de FEM. Se requiere potencia para hacer trabajo, y puesto que la potencia es igual a la corriente multiplicada por la tensión, debe haber una caída de tensión en el circuito durante el tiempo en que la energía está almacenándose en el campo. Esta caída de tensión que no tiene nada que ver con la caída de tensión de ninguna resistencia del circuito, es el resultado de una tensión opuesta inducida en el circuito mientras el campo crece hasta su valor final. Cuando el campo se vuelve constante, la FEM inducida o fuerza contraelectromotriz desaparece, puesto que ya no se está almacenando más energía. Puesto que la FEM inducida se opone a la FEM de la fuente, tiende a evitar que la corriente aumente rápidamente cuando se cierra el circuito.
La amplitud de la FEM inducida es proporcional al ritmo con que varía la corriente y a una constante asociada con el circuito, llamada inductancia del circuito.

"La inductancia depende de las características físicas del conductor. Por ejemplo, si se enrolla un conductor, la inductancia aumenta. Un arrollamiento de muchas espiras tendrá más inductancia que uno de unas pocas vueltas. Además, si un arrollamiento se coloca alrededor de un núcleo de hierro, su inductancia será mayor de lo que era sin el núcleo magnético".

La polaridad de una FEM inducida va siempre en el sentido de oponerse a cualquier cambio en la corriente del circuito. Esto significa que cuando la corriente en el circuito aumenta, se realiza trabajo contra la FEM inducida almacenando energía en el campo magnético. Si la corriente en el circuito tiende a descender, la energía almacenada en el campo vuelve al circuito, y por tanto se suma a la energía suministrada por la fuente de FEM. Esto tiende a mantener a la corriente circulando incluso cuando la FEM aplicada pueda descender o ser retirada. La energía almacenada en el campo magnético de un inductor se da por:

$$W = I^2 L/2$$

donde:

W = energía en Joule
I = corriente en Ampere
L = inductancia en Henry

En circuitos de radiofrecuencia, los valores de inductancia empleados se medirán en milihenry (1mH es una milésima de henrio) en frecuencias bajas, y en microhenry (millonésima de Henry) en las frecuencias medias y altas. Aunque las bobinas para radiofrecuencia pueden bobinarse sobre núcleos especiales (el hierro común no es adecuado), muchas de las bobinas utilizadas por los aficionados son del tipo de núcleo de aire, o sea, bobinadas en un material de soporte no magnético .
Cualquier conductor tiene inductancia, incluso cuando el conductor no forma una bobina. La inductancia de una pequeña longitud de hilo recto es pequeña, pero no despreciable si la corriente a través de él cambia rápidamente, la tensión inducida puede ser apreciable. Este puede ser el caso de incluso unas pocas pulgadas de hilo cuando circula una corriente de 50MHz o más. Sin embargo, a frecuencias mucho más bajas la inductancia del mismo hilo puede ser despreciable, ya que le tensión inducida será despreciablemente pequeña.
La inductancia aproximada de una bobina de una sola capa bobinada al aire puede ser calculada con la siguiente fórmula simplificada (vea la figura 17):

Si en el interior de la bobina coloco un núcleo de hierro, el campo magnético se incrementa, y puede atraer a otros objetos ferrosos más pesados.

El reed-relé es un interruptor de láminas encerradas en un tubo de vidrio lleno de gas inerte.

Con el gas inerte, las chispas que se producen durante el cierre y apertura de los contactos no les causan daños (no se queman).

El "reed-switch", que es un interruptor de láminas, se acciona, en condiciones normales, por la aproximación del imán.

Una aplicación importante de este componente está en los sistemas de alarma, en los que la apertura de una puerta o una ventana hace que un imán abra o cierre los contactos de una reed-switch activando la alarma.

L (μH) = 0,394 (d².n²) / (18 d + 40 l)

Donde:

L = inductancia en microhenry
d = diámetro de la bobina en centímetros
l= longitud de la bobina en centímetros
n = número de espiras

Esta fórmula es una buena aproximación para bobinas que tengan una longitud igual o mayor que 0,4 d.

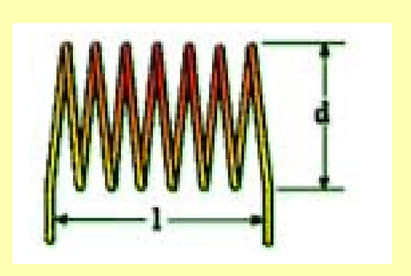


Figura 17

CORRIENTE ALTERNA: AMPLITUD, FRECUENCIA Y FASE

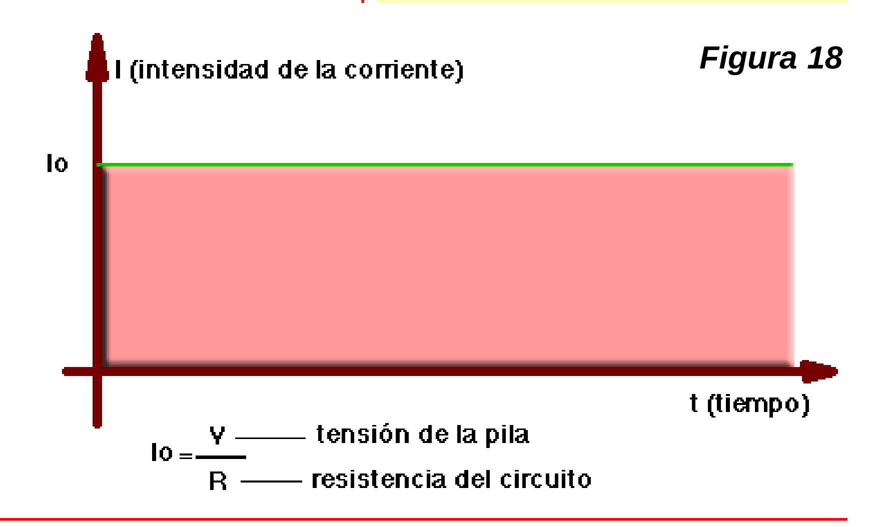
Hemos visto básicamente como se genera una tensión por medio de una espira en movimiento dentro de un campo magnéico (vea nuevamente la figura 12). La señal generada tiene una amplitud determinada que depende del campo magnético generado por el imán y de la cantidad de vueltas que tiene la bobina sumergida en el campo magnético (en el caso de la figura es sólo una espira), también tiene una frecuencia, que es la cantidad de veces que la espira dá vueltas por segundo, generando una especie de ondas senoidales que se repiten en el tiempo y también tiene una fase que representa la posición instantánea de la bobina en su movimiento dentro del campo. Cuano la bobina está perpendicular a las líneas de fuerza del campo (paralela a los polos del imán) se dice que la tensión es nula con fase igual a cero.
Ahora bien, la corriente que tomamos de la línea de suministro eléctrico es alterna y es muy diferente de la que obtenemos de pilas o baterías.

Si hago girar una espira conductora dentro de un campo magnético, en ella se genera una tensión cuya forma de onda y módulo depende de las características tanto del campo magnético como de la espira.

Pero *¿cuál es la diferencia y de qué modo influye en el comportamiento de los distintos componentes que estudiamos hasta el momento?*
Si conectamos un resistor, un cable conductor o una lámpara a una pila o batería, se establecerá una corriente que es un flujo de electrones libres. Esos electrones van a dirigirse del polo negativo (que los tiene en exceso) al polo positivo (que los tiene en defecto).
Suponiendo que la resistencia del resistor, conductor o lámpara no varíe en el transcursor del tiempo, el flujo de electrones será constante como ilustra el gráfico de la figura 18.
Esta es una corriente continua porque: ***"Circula siempre en el mismo sentido y tiene intensidad constante".*** Una corriente continua se representa en forma abreviada por CC (corriente continua) o DC (direct current). Aquí sólo podemos hablar de "amplitud", ya que no hay frecuencia pues no hay onda que se repite en el tiempo, la corriente es siempre la misma y constante; tampoco se puede hablar de fase ya que no hay valores instantáneos de tensión diferente, la amplitud es siempre la misma.
Pero existe otro tipo de corriente. En la tensión generada por el equipo de la figura 12, la intensidad no es constante sino que varía cíclicamente, es decir, siempre de la misma manera. Una corriente que

Si al generador le hacemos unos pequeños retoques, lo convertimos en un motor de corriente continua.

Figura 18



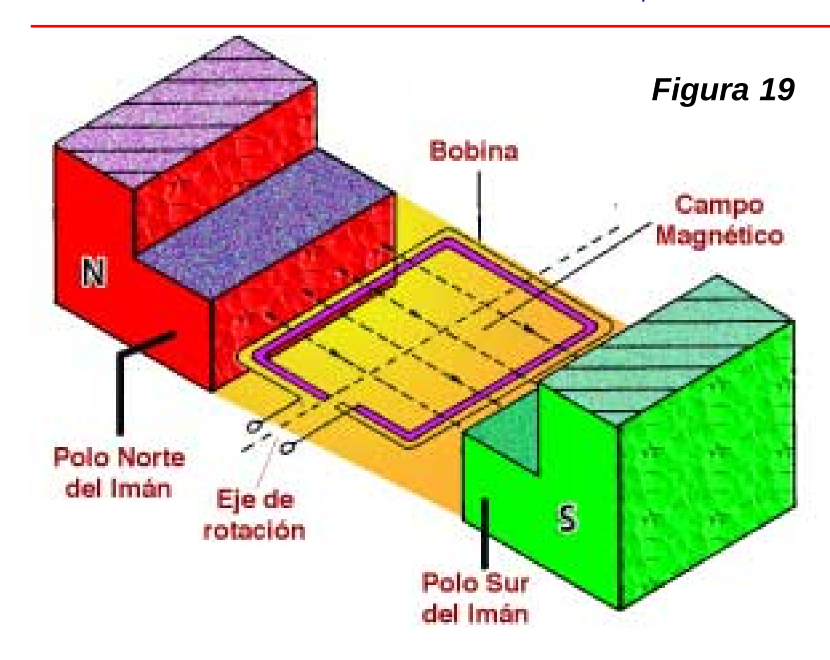


Figura 19

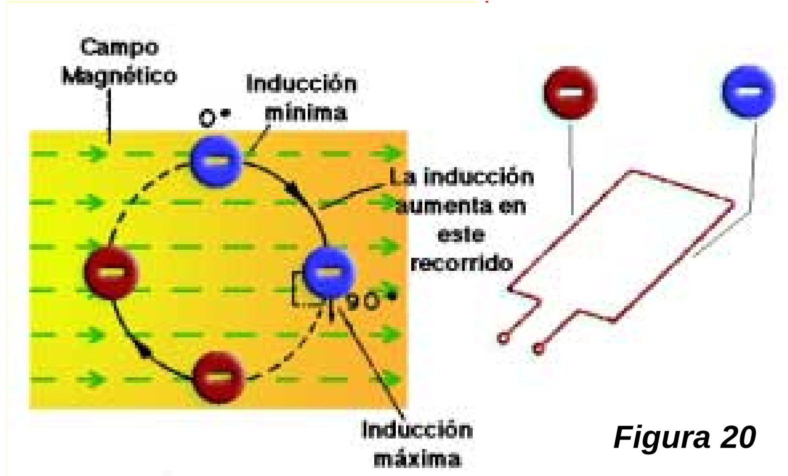


Figura 20

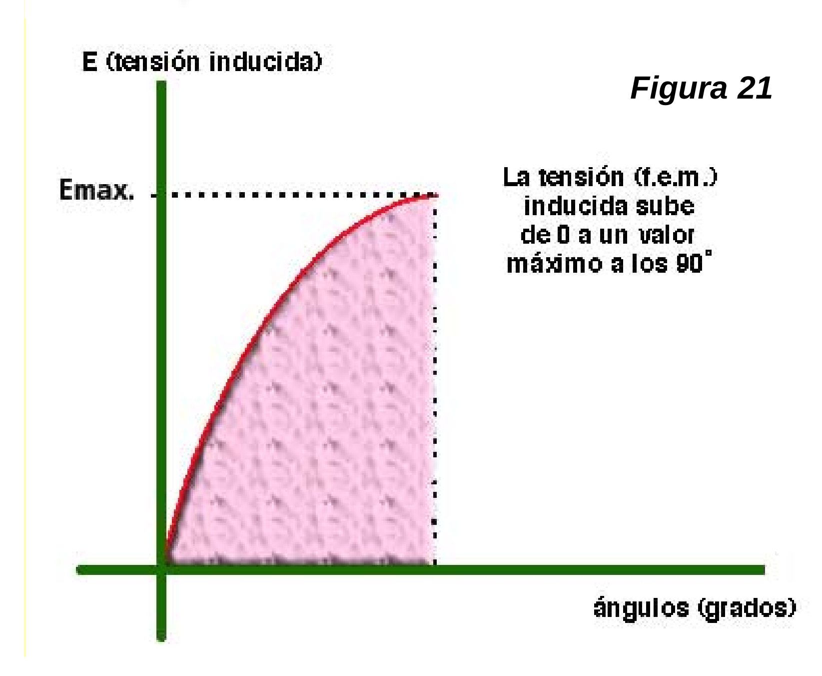


Figura 21

cambia en forma constante su sentido de circulación y varía su intensidad es una corriente alterna sinusoidal, que explicaremos enseguida.
Un conductor que corte las líneas de fuerza de un campo magnético, tal como hemos visto, manifestará en sus extremos una fuerza electromotriz que puede calcularse mediante la expresión:

$$E = B \times L \times \text{sen}\ \alpha$$

Donde:
E es la fuerza electromotriz
B es el vector inducción magnética
L es la longitud del alambre
α es el ángulo en que el conductor corta las líneas del campo.

La inducción de la tensión será tanto mayor cuanto mayor sea el ángulo según el que el conductor corta las líneas de fuerza del campo magnético. Vemos más detenidamente el caso de una espira (una vuelta completa del alambre conductor) de manera de girar dentro del campo magnético uniforme, como se ve en la figura 19.
El campo magnético uniforme tiene la misma intensidad en todos sus puntos, lo que nos lleva a representarlo por líneas de fuerza paralelas. En la figura 20 se representa la espira vista desde arriba para comprender con mayor facilidad los fenómenos que se producirán cuando la giramos.
Partiendo entonces de la posición de la figura 20, hacemos que la espira gire 90° en el sentido indicado, de modo que corte las líneas de fuerza del campo magnético.
A medida que la espira "entra" en el campo, el ángulo se va acentuando de manera que al llegar a 90, el valor va desde cero hasta el máximo. La espira corta el campo en forma perpendicular aunque sólo sea por un instante. Como la tensión inducida depende del ángulo, vemos que en este arco de 90°, el valor va desde 0 hasta el máximo, lo que puede representarse mediante el gráfico de la figura 21. Continuando la rotación de la espira, vemos que entre 90° y 180° tiende a "salir" del campo y se va reduciendo el ángulo según el cual corta las líneas de fuerza del campo magnético. La tensión inducida en estas condiciones cae hasta el mínimo en este arco.
La tensión cae a cero pues a 180°, aunque sólo por un instante, el movimiento de la espira

es paralelo a las líneas de fuerza y entonces no hay inducción.

De 180 a 270°, la espira vuelve a "penetrar" en el campo magnético en forma más acentuada pero en sentido opuesto al del arco inicial. Así ocurre la inducción pero la polaridad de tensión en los extremos de la espira se ha invertido, es decir, si tomamos una referencia inicial que lleve a una representación positiva en los 180 grados iniciales, a partir de este punto la representación será negativa como muestra la figura 22.

Vea que la tensión asciende, pero hacia valores negativos máximos, hasta llegar en los 270 grados al punto de corte, prácticamente perpendicular aunque sea por un breve instante. En los 90° finales de la vuelta completa, de 270 a 360 grados, nuevamente el ángulo en el que la espira corta las líneas de fuerza, disminuye y la tensión inducida cae a cero.

La tensión generada tiene forma senoidal (**sen α**) y su valor instantaneo depende del ángulo que tiene la espira respeco delas líneas del campo, ya que B y L son constantes. La forma de la onda recibe el nombre de sinusoide.

Se trata, por lo tanto de una corriente alterna sinusoidal. Para generar esta corriente alterna sinusoidal se establece una tensión también sinusoidal. Esa tensión, también alterna tiene la misma representación gráfica. Podemos decir entonces:

"Una tensión alterna produce una corriente alterna que es aquella cuya intensidad varía en forma constante según una función periódica y su sentido se invierte constantemente."

Vea que una "función periódica" es la que se repite continuamente como la sinusoide que es la misma a cada vuelta de espira (figura 23).

Una corriente alterna sólo puede ser establecida por una tensión alterna.

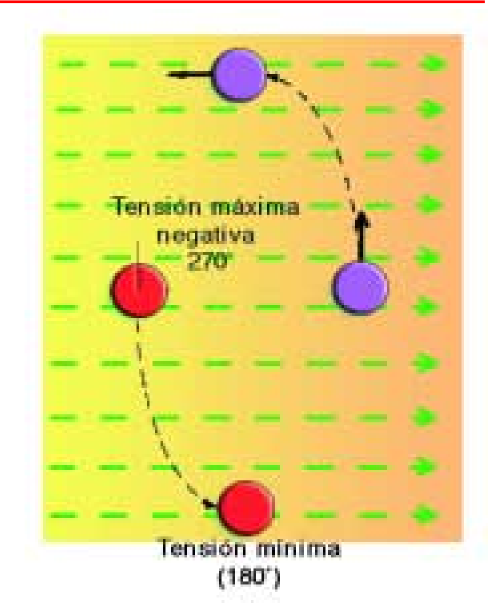
El tiempo que la espira tarda en dar una vuelta completa determina un valor muy importante de la corriente alterna, que podemos medir.

Este tiempo de una vuelta es el periodo que se representa con T y se mide en segundos.

El número de vueltas que da la espira en un segundo determina otra magnitud importante que es la frecuencia, representada por **f** y medida en hertz (Hz).

Numéricamente, la frecuencia es la inversa del período:

T = 1/f



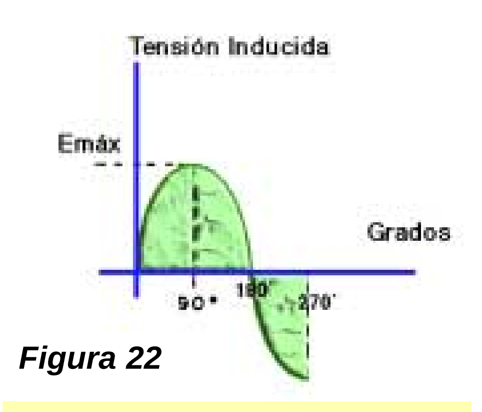


Figura 22

La unidad de inductancia es el Henry, H en forma abreviada.

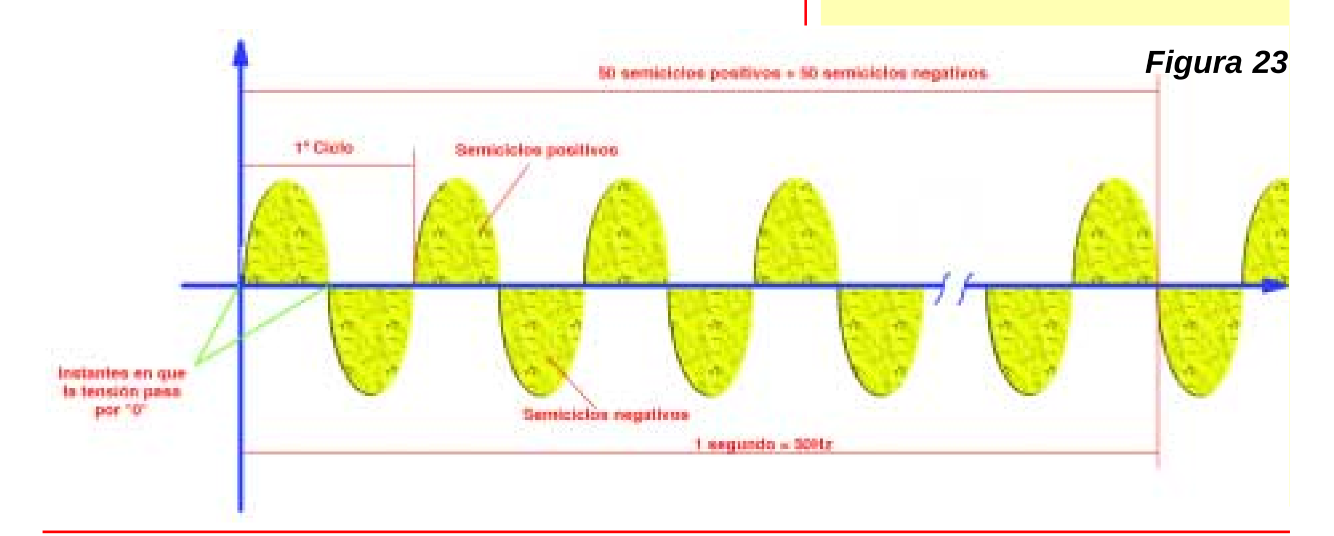


Figura 23

Los alternadores de las usinas hidroeléctricas (y atómicas) que envían energía eléctrica a nuestras casas, operan con una frecuencia de 50 hertz (50Hz). Decimos entonces que la corriente alterna obtenida en las tomas de energía tiene una frecuencia de 50 hertz. Esto significa que en cada segundo, la corriente es forzada a circular 50 veces en un sentido y 50 veces en el opuesto, pues ése es el efecto de la inversión de la polaridad.
Alimentando una lámpara incandescente común a través de la red de suministro eléctrico, en cada segundo existen 100 instantes en que la corriente se reduce a cero, pero la lámpara no llega a apagarse por la inercia del filamento que se mantiene caliente. La tensión producida puede variar y es de 220V o 117V, según el país del que estemos hablando. No podemos hablar de un valor fijo de tensión o de corriente pues el cambio de la polaridad y del valor es constante.

¿Qué significa entonces 220V o 117V?
Si tenemos en cuenta la tensión sinusoidal de la toma de energía de la red, vemos que lo cierto sería hablar de valores instantáneos, es decir: de la tensión que encontramos en cada instante, que depende del instante de cada ciclo considerado. Podemos encontrar tanto un mínimo negativo como un máximo positivo, o cero, según el instante dado.
Es claro que a los efectos prácticos, eso no tiene mucho sentido. Es así que, para medir tensiones y corrientes alternas es preciso establecer una manera que nos dé una idea del efecto promedio o real obtenido. Esto puede entenderse de la siguiente manera:
Si alimentamos una lámpara común con tensión alterna en los instantes en que la corriente circula por el filamento, en un sentido o en otro, se produce el calentamiento y la lámpara se enciende. El efecto es el mismo que tendríamos si la alimentáramos con una tensión continua de determinado valor.

¿Cuál sería ese valor?
Si comparamos el gráfico que representa la circulación de corriente continua por un circuito y el gráfico que representa la circulación de una corriente alterna, la superficie cubierta en un intervalo se relaciona con la cantidad de energía que tenemos a disposición. Entonces nos basta hacer la pregunta siguiente para tener la respuesta a nuestro problema:

¿Cuál debe ser el valor de la tensión continua que nos produce el mismo efecto que determinada tensión alterna?
Cuando la tensión alterna llega a un valor máximo X, el valor que la tensión continua debe tener para producir el mismo efecto se consigue dividiendo X por la raíz cuadrada de 2, o sea: 1,4142.
El valor máximo alcanzado en un ciclo (el mínimo también) se llama valor de pico, mientras que el valor que produce el mismo efecto, se llama ***valor eficaz o r.m.s. ("root mean square").*** Para la red de 220V, los 220V representan el valor r.m.s.
Existen instantes en que la tensión de la red llega a 220V multiplicados por 1,4142 y así obtenemos que el valor pico es 311,12V (en la red de 117V el valor máximo es de 165,5V).
Este valor se logra dividiendo el promedio de todos los valores en cada instante del semiciclo, o sea la mitad del ciclo completo, pues si entrasen en el cálculo valores negativos, el resultado sería cero. Podemos entonces resumir los "valores" en la forma siguiente (figura 24):

Valor pico: es el valor máximo que alcanza la tensión o la corriente en un ciclo, pudiendo ser tanto negativo como positivo.

Figura 24

Denominamos flujo magnético, representado por Ø, al número de líneas de fuerza que atraviesan una cierta superficie (S).

La transferencia de energía al campo magnético representa trabajo efectuado por la fuente de FEM. Se requiere potencia para hacer trabajo, y puesto que la potencia es igual a la corriente multiplicada por la tensión, debe haber una caída de tensión en el circuito durante el tiempo en que la energía está almacenándose en el campo.

Puesto que la FEM inducida se opone a la FEM de la fuente, tiende a evitar que la corriente aumente rápidamente cuando se cierra el circuito.

Es un valor instantáneo, es decir, aparece en un breve instante en cada ciclo de corriente o tensión alternada.

VALOR EFICAZ O R.M.S.: es el valor que debería tener la tensión o corriente si fuese continua para que se obtuvieran los mismos efectos de energía.

VALOR MEDIO: obtenemos este valor dividiendo la suma de los valores instantáneos de un semiciclo por su cantidad, o sea: sacamos la media artimética de los valores instantáneos en un semiciclo.

No podemos hablar de polaridad para una tensión alterna, ya que cambia constantemente. Una corriente de cualquier carga conectada a un generador de corriente alterna invierte su sentido en forma constante. En el caso de la red, sabemos que uno de los polos "produce shock" y el otro, no. Eso nos lleva a las denominaciones de polo vivo y polo neutro.

¿Qué sucede entonces?
Si tenemos en cuenta que el generador de energía de las compañías tiene uno de los cables conectado a tierra, que se usa como conductor de energía, resulta fácil entender lo que ocurre.
Al estar en contacto con la tierra, cualquier objeto, en cualquier instante, tendrá el mismo potencial del polo generador conectado a tierra que es entonces la referencia. Este es el polo neutro, que tocado por una persona no causa shock porque estando al mismo potencial no hay circulación de corriente.
La tensión varía alrededor del valor del polo de referencia según la sinusoide del otro polo. Es así que en relación al neutro, el otro polo, es decir el polo vivo, puede estar positivo o negativo, 50 veces por segundo (o 60 veces por segundo, según el país). Al tocar el polo vivo, habrá una diferencia de potencial respecto de tierra (variará 50 veces por segundo), pero ella puede causar la circulación de una corriente eléctrica y producir el shock eléctrico o choque.

RESISTENCIA, REACTANCIA E IMPEDANCIA

Sabemos que la resistencia es la mayor o menor oposición de una carga al paso de la corriente eléctrica. Ahora bien, cuando hago circular una corriente senoidal por una resistencia, en ella se desarrollará una tensión que también es seonidal y que está en fase con la corriente, esto significa que cada vez que hay un máximo de corriente habrá un máximo de tensión y cuando la corriente es cero, también será cero la tensión en bornes de la resistencia.
Dos señales pueden estar en fases diferentes o en concordancia de fase, conforme sus formas de onda coincidan por superposición en un instante dado y siempre que tengan la misma frecuencia.
Podemos hablar también de la diferencia de fase entre dos señales de corriente alterna y entre una corriente alterna y una tensión si llegaran a los puntos de máximo (o de mínimo) en distintos instantes.
Si dos señales estuvieran en concordancia de fase, es evidente que la diferencia sería cero. Si la diferencia fuera de 90 grados, diremos que las señales están en cuadratura y si fuera de 180 grados, diremos que las señales están en oposición de fase.
En las inductancias y capacitores, la corriente y la tensión no están en fase.
En estos elementos, cuando la corriente es máxima la tensión es nula, es decir la tensión y la corriente tienen un desfasaje de 90. Tanto la bobina como el

***Valor pico:* es el valor máximo que alcanza la tensión o la corriente en un ciclo, pudiendo ser tanto negativo como positivo.**
Es un valor instantáneo, es decir, aparece en un breve instante en cada ciclo de corriente o tensión alternada.

***Valor eficaz o r.m.s.:* es el valor que debería tener la tensión o corriente si fuese continua para que se obtuvieran los mismos efectos de energía.**

***Valor medio:* obtenemos este valor dividiendo la suma de los valores instantáneos de un semiciclo por su cantidad, o sea: sacamos la media artimética de los valores instantáneos en un semiciclo.**

Al estar en contacto con la tierra, cualquier objeto, en cualquier instante, tendrá el mismo potencial del polo generador conectado a tierra que es entonces la referencia. Este es el polo neutro, que tocado por una persona no causa shock porque estando al mismo potencial no hay circulación de corriente.

Dos señales pueden estar en fases diferentes o en concordancia de fase, conforme sus formas de onda coincidan por superposición en un instante dado y siempre que tengan la misma frecuencia.

Si dos señales estuvieran en concordancia de fase, es evidente que la diferencia sería cero. Si la diferencia fuera de 90 grados, diremos que las señales están en cuadratura y si fuera de 180 grados, diremos que las señales están en oposición de fase.

capacitor se oponen al paso de la corriente eléctrica pero al existir un desfasaje entre estas magnitudes, se dice que esa oposición no es una resistencia sino que se la denomina reactancia. Podemos decir entonces que:

Resistencia es la oposición de una carga que no provoca desfasaje entre la tensión aplicada y la corriente resultante.

Reactancia es la oposición de una carga que provoca un desfasaje de 90 grados entre la tensión aplicada y la corriente resultante.

Ahora bien, cuando una carga tiene efectos resistivos y reactivos (es decir, el desfasaje entre la tensión y la corriente es menor de 90 grados pero mayor que cero), se dice que esa carga tiene una impedancia compuesta de una parte resistiva y una parte reactiva.

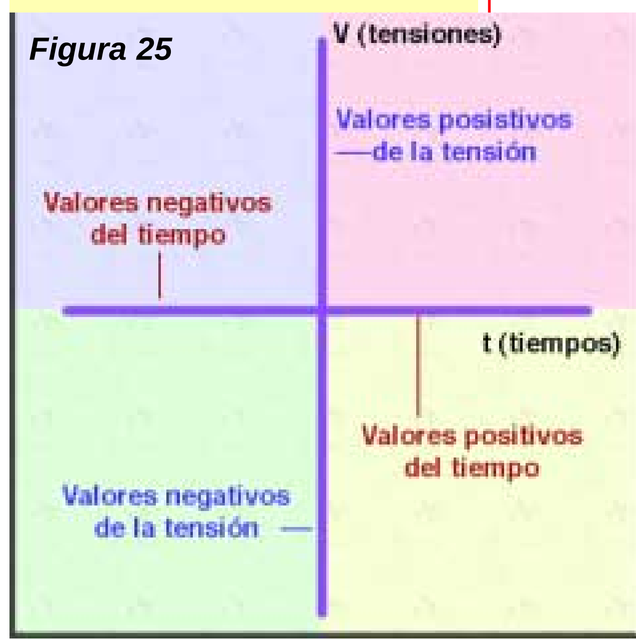
Por lo tanto, la impedancia es la oposición de una carga al paso de la corriente eléctrica. En una resistencia, la impedancia sólo es resistiva. En una bobina o en un capacitor, la impedancia es sólo reactiva.

Los lectores deben acostumbrarse a la representación de fenómenos de naturaleza diversa mediante gráficos.

Cuando se tiene un fenómeno que ocurre de manera dinámica, una magnitud varía en función de otra; por ejemplo, en el caso de la corriente alterna, la intensidad de la corriente o la tensión son las que varían con el tiempo.

Estas variaciones se representan por un gráfico de tensión versus tiempo (V x t) como muestra la figura 25. Colocamos, entonces, en el eje vertical (Y) los valores de tensión, graduamos este eje en la forma adecuada y en el eje horizontal (X) colocamos los valores del tiempo (t), graduamos también el eje en forma adecuada. Después definimos cada punto del gráfico como un par de valores (X e Y), dado por el valor de la tensión en un determinado instante. Para el caso de la tensión alterna, si dividimos el tiempo de un ciclo (1/50 de segundo) en 100 partes, por ejemplo, podemos determinar 100 puntos que unidos darán la curva que representa la forma de onda de esta tensión.

Podemos tener una aproximación que haga continua la curva y se obtenga así un gráfico (curva) ideal. A partir de esta representación podemos entonces obtener el valor instantáneo de la tensión en cualquier momento y del mismo modo, dado el valor podemos encontrar el instante en que se produce.



En síntesis, decimos que los capacitores e inductores presentarán una propiedad denominada ***"reactancia"*** cuando se los somete al paso de una corriente alterna mientras que los resistores presentan una ***resistencia*** al paso de la corriente eléctrica.

Si se conecta un capacitor a un generador de corriente continua, como una pila, por ejemplo, una vez que cierta cantidad de cargas fluya a sus placas y se cargue, desaparece cualquier movimiento de esas cargas y la corriente en el circuito pasa a ser indefinidamente nula.

En esas condiciones, el capacitor está totalmene cargado, posee una resistencia infinita y no deja circular la corriente.

Por otra parte, si conectamos al mismo generador un inductor ideal (que no presenta resistencia en el alambre del cual está hecho) una vez que la corriente se haya establecido y el campo magnético adquiera la intensidad máxima, no encontramos efecto alguno de inductancia. Las cargas podrán fluir con la intensidad máxima como si el inductor no existiera.

La presencia del capacitor y del inductor en un circuito de corriente continua es importante sólo en el instante en que ocu-

rren variaciones, es decir, sólo en el instante en que se aplica energía al circuito o cuando se la quita.

REACTANCIA CAPACITIVA

Conectemos un capacitor a un circuito de corriente alterna de 50 hertz, de la red (o 60Hz, según el país). Durante el primer cuarto del ciclo, cuando la tensión aumenta de cero a su valor máximo, el capacitor se carga con la armadura A positiva y la B negativa. Eso sucede en un intervalo de 1/200 de segundo. En el segundo cuarto, cuando la tensión cae a cero desde el valor máximo, se invierte la corriente en el capacitor y se descarga. En el tercer cuarto se invierte la polaridad de la red de manera que la corriente de descarga continúa en el mismo sentido pero carga positivamente la armadura B.

El capacitor invierte su carga hasta un valor máximo. En el último cuarto, cuando la tensión vuelve a caer a cero, la corriente se invierte y la carga del capacitor cae a cero.

En la figura 26 tenemos la representación del proceso que ocurre en un ciclo y que se repite indefinidamente en cada ciclo de alimentación. Como se tienen 50 ciclos en cada segundo, el capacitor se carga y descarga positivamente primero y luego negativamente, 50 veces por segundo.

Al revés de lo que ocurre cuando la alimentación es con corriente continua, en la que, una vez cargado, cesa la circulación de corriente; con corriente alterna ésta queda en forma permanente en circulación por el capacitor, carga y descarga con la misma frecuencia de la red. La intensidad de la corriente de carga y descarga va a depender del valor del capacitor y también de la frecuencia de la corriente alterna.

Cuanto mayor es la capacidad del capacitor, mayor será la intensidad de la corriente (la corriente es entonces directamente proporcional a la capacidad) y cuanto mayor sea la frecuencia, mayor será la intensidad de la corriente (la corriente también es proporcional a la frecuencia). Entonces se verifica que el capacitor, alimentado con corriente alterna, se comporta como si fuese una ***"resistencia"*** y permite mayor o menor circulación de corriente en función de los factores explicados antes.

Como el término ***"resistencia"*** no es el adecuado para el caso pues no se trata de un valor fijo, como en el caso de los resistores, sino que varía con la frecuencia y no es sólo inherente al componente, se prefiere decir que el capacitor presenta una "reactancia" y en el caso específico del capacitor, una "reactancia capacitiva" (abreviada Xc). Pero si somos más explícitos, reactancia es la propiedad de oponerse al paso de la corriente eléctrica provocando además, un desfasaje de 90 grados entre la tensión y la corriente.

Podemos, entonces, redefinir la reactancia capacitiva así:

"Se denomina reactancia capacitiva (Xc) a la oposición que un capacitor ofrece a la circulación de una corriente alterna."

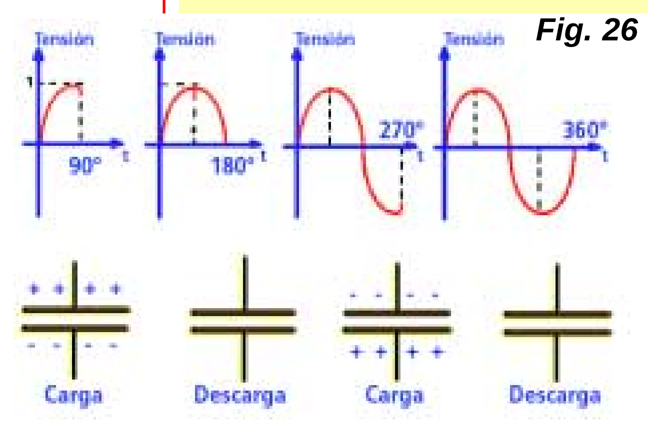
Para calcular la reactancia capacitiva, se tiene la fórmula siguiente:

$$XC = \frac{1}{2 . 3,114 . f . C}$$

Cuando una carga tiene efectos resistivos y reactivos (es decir, el desfasaje entre la tensión y la corriente es menor de 90 grados pero mayor que cero), se dice que esa carga tiene una impedancia compuesta de una parte resistiva y una parte reactiva.

La presencia del capacitor y del inductor en un circuito de corriente continua es importante sólo en el instante en que ocurren variaciones, es decir, sólo en el instante en que se aplica energía al circuito o cuando se la quita.

Fig. 26



Si conectamos a un generador un inductor ideal (que no presenta resistencia en el alambre del cual está hecho) una vez que la corriente se haya establecido y el campo magnético adquiera la intensidad máxima, no encontramos efecto alguno de inductancia. Las cargas podrán fluir con la intensidad máxima como si el inductor no existiera.

Cuanto mayor es la capacidad del capacitor, mayor será la intensidad de la corriente que lo atravieza, para una misma tensión (la corriente es entonces directamente proporcional a la capacidad) y cuanto mayor sea la frecuencia, mayor será la intensidad de la corriente (la corriente también es proporcional a la frecuencia).

Como el término "resistencia" no es el adecuado para el caso, pues no se trata de un valor fijo como en el caso de los resistores, sino que varía con la frecuencia y no es sólo inherente al componente, se prefiere decir que el capacitor presenta una "reactancia" y en el caso específico del capacitor, una "reactancia capacitiva"

Donde:
Xc es la reactancia medida en ohm.
3,14 es la constante pi (π)
f es la frecuencia de la corriente alterna en hertz.
C es la capacidad del capacitor en farad.
El valor **"2 . 3,14 . f"** puede representarse con la letra omega (**w**) y este valor se llama ***"pulsación"***. La fórmula de la reactancia capacitiva queda entonces:

$$Xc = \frac{1}{\omega . C}$$

** La reactancia capacitiva es menor cuanto más alta es la frecuencia, para un capacitor de valor fijo.*
Puede decirse que los capacitores dejan pasar con más facilidad las señales de frecuencias más altas.
** La reactancia capacitiva es menor en los capacitores de mayor valor, para una frecuencia constante. Puede decirse que los capacitores mayores ofrecen menos oposición al pasaje de las corrientes alternas.*

Conectando un resistor en un circuito de corriente alterna, es evidente que siendo la tensión la causa y la corriente el efecto, deben estar en concordancia de fase, es decir, cuando la tensión aumenta, la corriente debe aumentar en la misma proporción. Pero si conectamos un capacitor en un circuito de corriente alterna, las cosas no suceden de este modo.
Si consideramos un capacitor de capacidad C conectado a un generador de corriente alterna cuya tension esté dada por ***E = Eo sen ωt,*** veremos que la diferencia de potencial entre las placas del capacitor varía con el tiempo.

En un capacitor la corriente estará ADELANTADA 90 grados respecto de la tensión .

REACTANCIA INDUCTIVA

Cuando conectamos una bobina de inductancia L a un generador de corriente alterna, durante el primer cuarto del ciclo, la tensión sube a cero hasta el valor máximo qe corresponde a una variación a la que el inductor se opone. En estas condiciones, comienza a circular una corriente por el inductor que crea el campo magnético, hasta su máximo. En el segundo cuarto, la tensión cae a cero lo que también es una variación a la que el inductor se opone. En estas condiciones, comienza a circular una corriente por el inductor que crea el campo magnético, hasta su máximo. En el segundo cuarto, la tensión cae a cero lo que también es una variación a la que el inductor se opone. Pero aun así, el campo magnético se contrae hasta desaparecer. En el tercer cuarto, la tensión invierte su polaridad y aumenta de valor hasta un máximo negativo; variación a la que el inductor se opone pero lo hace estableciendo un campo magnético que se expande. Finalmente, en el último cuarto, encontramos oposición del inductor a la circulación de la corriente. Las líneas de fuerza se contraen durante este cuarto de ciclo.
En realidad, según veremos va a existir un pequeño atraso en esta retracción de las líneas.
Lo importante es observar que mientras en el circuito de corriente continúa, una vez establecido el campo, la resistencia (oposición) desaparecía y la corriente circulaba libremente, en este caso la oposición es permanente.

En la figura 27 se ve la representación de este proceso. Vea entonces que se establece un campo magnético alterno en el inductor que varía constantemente en intensidad y polarización.
La oposición constante manifestada por el inductor a las variaciones de la tensión va a depender tanto de la inductancia como de la frecuencia de la corriente.
Cuanto mayor sea la inductancia, mayor será la oposición a la circulación de la corriente.
El inductor también se comporta como una "resistencia" a la circulación de la corriente alterna, pero el término resistencia tampoco cabe en este caso pues no es algo inherente sólo al componente sino también a las características de la tensión aplicada.
Nos referimos entonces a reactancia inductiva, representada por XL, como la oposición que un inductor presenta a la circulación de una corriente alterna. La reactancia inductiva se mide en ohms como la reactancia capacitiva y puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

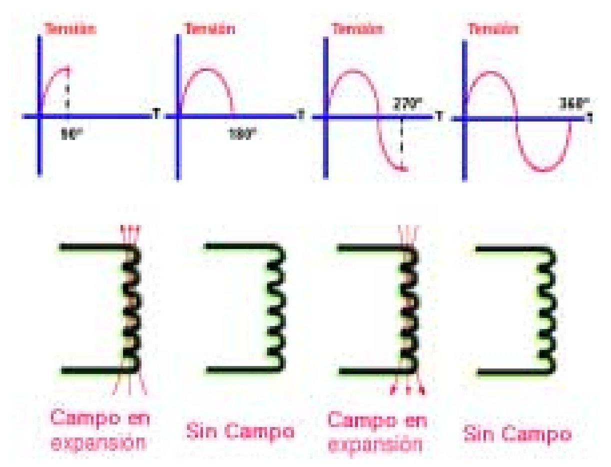


Figura 27

XL = 2 . 3,14 . f . L
Donde:
XL es la reactancia inductiva en ohms
3,14 es la constante pi (π)
f es la frecuencia de la corriente alterna en hertz.
L es la inductancia en henry.
Como la expresión "2 . 3,14 . f" puede expresarse como "**w**" (pulsación), podemos escribir:

XL = ω . L

Tenemos finalmente las propiedades de los inductores en los circuitos de corriente alterna:
* La reactancia inductiva es tanto mayor cuanto mayor sea la frecuencia. Puede decirse que los inductores ofrecen una oposición mayor a las corrientes de frecuencias más altas.
* La reactancia inductiva es mayor para los inductores de mayor valor para una frecuencia determinada. Los inductores de mayor valor ofrecen una oposición mayor a la circulación de corrientes alternas.

Si conectamos un inductor a un circuito de corriente alterna, la corriente no estará en fase con la tensión.
* La corriente tiene la misma frecuencia que la tensión.
* La corriente tiene su fase atrasada 90 grados (π/2) en relación a la tensión.

LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas fueron previstas antes de ser descubiertas. En verdad, las ecuaciones de Maxwell que describían los campos magnéticos preveían también la existencia de radiaciones, de la misma naturaleza que la luz, y que se propagaban en el espacio con una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo.
Las ecuaciones de Maxwell fueron presentadas en 1865, pero solamente en

La reactancia capacitiva es menor en los capacitores de mayor valor, para una frecuencia constante. Puede decirse que los capacitores mayores ofrecen menos oposición al pasaje de las corrientes alternas.

Cuando conectamos una bobina de inductancia L a un generador de corriente alterna, durante el primer cuarto del ciclo, la tensión sube a cero hasta el valor máximo que corresponde a una variación a la que el inductor se opone.

Mientras en el circuito de corriente continua, una vez establecido el campo, la resistencia (oposición) desaparecía y la corriente circulaba libremente, en este caso la oposición es permanente.

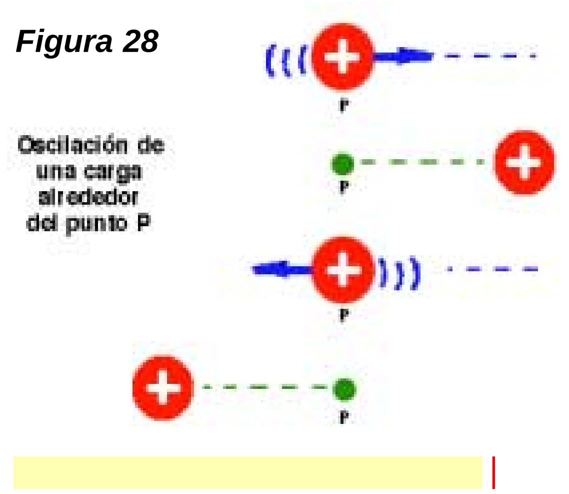


Figura 28

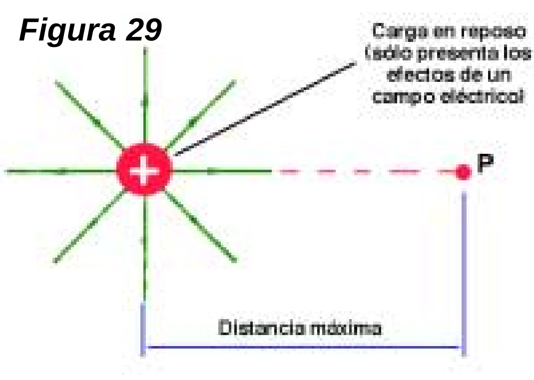


Figura 29

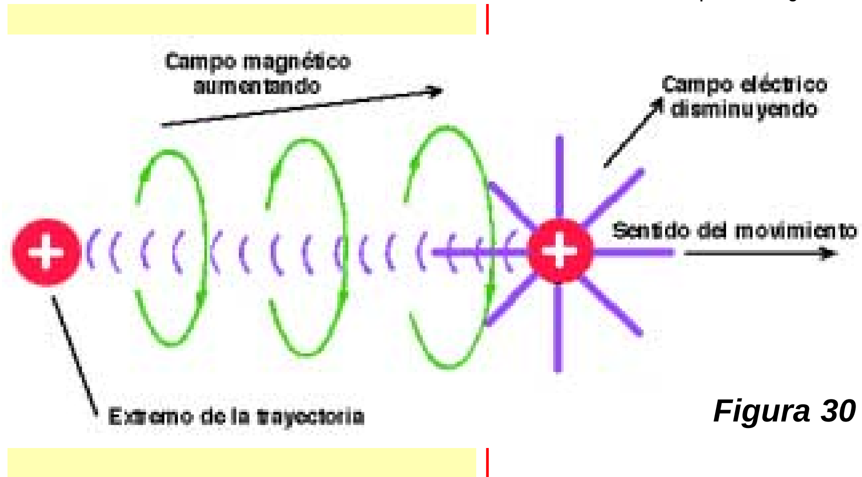


Figura 30

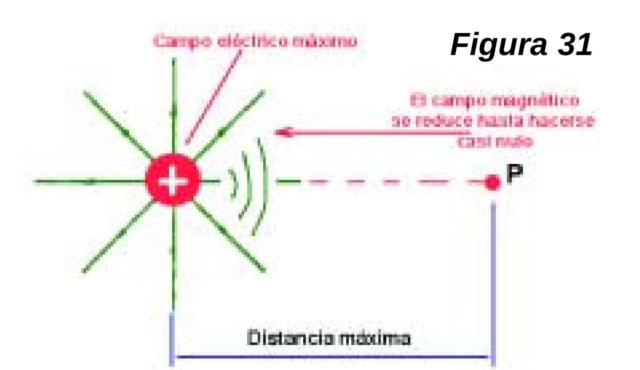


Figura 31

1887 Hertz consiguió comprobar la existencia de "ondas electromagnéticas" según las ya previstas y las produjo en su laboratorio.

Una carga eléctrica, o un cuerpo cargado, es responsable por una perturbación en el espacio que lo rodea y que denominamos "campo eléctrico".

Del mismo modo, estudiamos otro tipo de influencia causado por cargas en movimiento, o sea, por las corrientes eléctricas, que difería mucho del campo eléctrico, y que fue denominado "campo magnético". Representamos el campo magnético por medio de líneas de fuerza pero de una forma bien diferente: las líneas eran concéntricas, envolviendo la trayectoria de las cargas.

El tipo de influencia para los dos campos también se diferencia: el campo eléctrico actúa sobre cualquier cuerpo cargado, atraen o repelen conforme a la polaridad, mientras que el campo magnético actúa sobre determinados materiales, independientemente de su carga, atraen (materiales ferrosos) o repelen (materiales diamagnéticos).

¿Qué ocurriría con una carga eléctrica que, al mismo tiempo, pudiera producir un campo eléctrico y un campo magnético?

Para explicar este fenómeno importante, vamos a imaginar una carga eléctrica que pueda entrar en vibración alrededor de un punto, o sea que pueda "oscilar" como muestra la figura 28.

Partiendo entonces de una posición inicial en que la misma se encuentre detenida, sólo existe campo eléctrico a su alrededor, como muestra la figura 29.

El campo magnético es nulo, pues la carga se encuentra en reposo. El campo eléctrico, a su vez, es máximo.

A medida que la carga se desplaza hacia la posición central, el campo eléctrico se reduce, mientras que el campo magnético aumenta. En el medio de la trayectoria, cuando la velocidad es máxima, el campo magnético también es máximo, mientras que el campo eléctrico se reduce a cero (mínimo, figura 30).

En dirección al otro extremo de la trayectoria, la velocidad se reduce gradualmente, con lo que se reduce también el campo magnético. El campo eléctrico vuelve a aumentar de intensidad (figura 31).

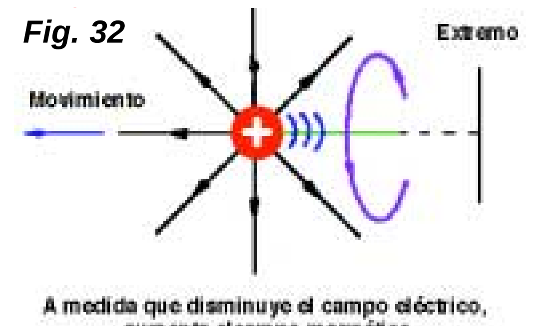
Cuando la carga llega al extremo de la trayectoria, por algunos instantes se detiene para invertir el movimiento. En este instante, el campo eléctrico nuevamente es máximo y el campo magnético se reduce a cero (figura 32).

En la inversión del movimiento, tenemos nuevamente el crecimiento de la intensidad del campo magnético hasta el medio de la trayectoria y la reducción al mínimo del campo eléctrico y después, hasta el extremo, el aumento del campo eléctrico y la disminución del campo magnético. Vea entonces que, en esta "oscilación", el campo magnético y el eléctrico se alternan (figura 33).

Hay un desfasaje de 90 grados entre los dos campos.

El resultado de este fenómeno es la producción de una pertur-

bación única que se propaga por el espacio con velocidad finita. Vea que existe un tiempo determinado de contracción de las líneas de fuerza tanto del campo eléctrico como del magnético, así como para la expansión.
Así, independientemente de la velocidad con que la carga oscile, o sea, de su frecuencia, la velocidad con que la perturbación se propaga es bien definida y constante.
Se puede demostrar que esta perturbación se propaga en el vacío a una velocidad de 2,997793 x 1010 centímetros por segundo, o, redondeando hacia arriba, ¡300.000 kilómetros por segundo!



Esta perturbación da origen a lo que denominamos "onda electromagnética".

Para representar una onda electromagnética precisamos tener en cuenta tanto su componente eléctrico como magnética, pues, como vimos, la misma corresponde a una "alternancia" entre los dos campos.
Para esta finalidad, hacemos uso de la representación mostrada en la figura 34.
El campo eléctrico varía según el eje E con semiciclos tanto positivos como negativos, mientras que el campo magnético varía según el eje H, también como semiciclos positivos y negativos.
Cuando deseamos recibir una onda electromagnética, lo que tenemos que hacer es interceptarla de modo de tener una corriente en un conductor que pueda ser amplificada y trabajada por circuitos especiales. Esto se hace, por ejemplo, mediante una antena que no es más que un alambre conductor colocado en el camino de la onda.
Para que ocurra la inducción de una corriente en esta antena, la misma debe ser colocada de determinada forma. Si los lectores observaran las antenas de televisión de su localidad, podrán tener una idea de la necesidad de esta colocación.

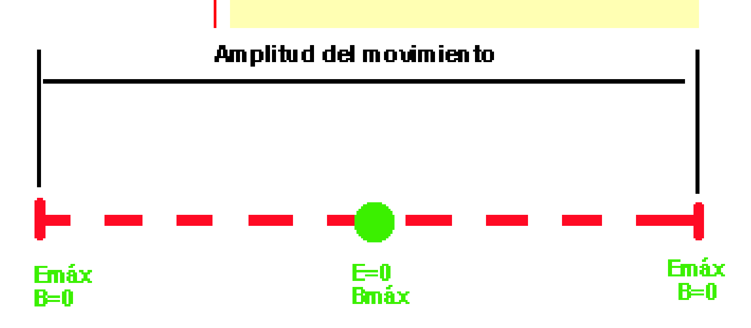


Figura 33

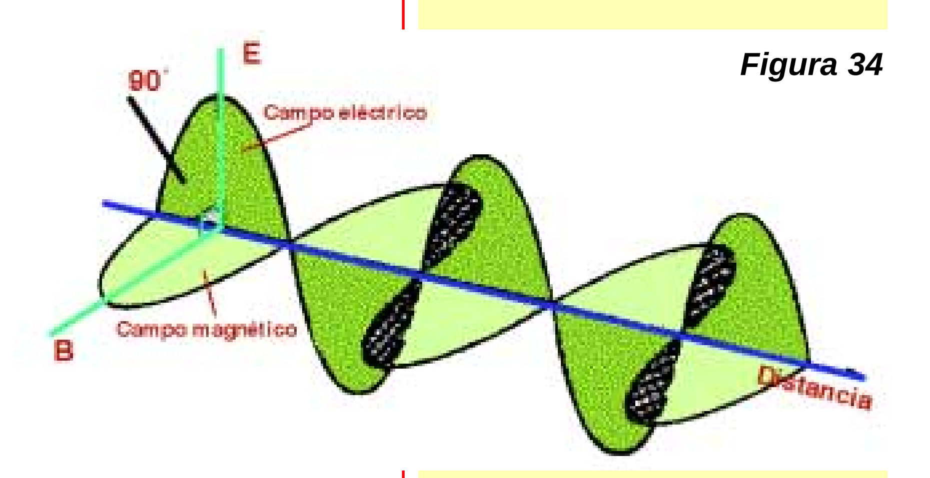


Figura 34

CONTENIDO DEL CD Nº 3

La obra está dirigida a todo el público en general interesado en aprender electrónica básica y saber cómo se manejan los instrumentos (multímetro, osciloscopio, generador de funciones, inyector de señales, analizador dinámico, fuente de alimentación, etc.) pero sobre todo está orientado a estudiantes, aficionados y docentes, dado que cada tema se explica desde el comienzo, presumiendo que el lector no posee conocimientos previos de la especialidad. La Enciclopedia se complementa con CDs (éste es uno de ellos) y bibliografía adicional a la que puede acceder por Internet dirigiéndose a:

Con este tomo de la Enciclopedia de Electrónica Básica, se entrega un CD que posee la siguiente información:

a) Un Archivo LEAME: Indispensable leer de comienzo a fin de explorar el CD con éxito
b) Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER
c) Video Presentación
d) Enciclopedia Visual Parte 3
e) Curso de Electrónica con Prácticas Parte 3
f) Video: Manejo del Multímetro, parte 2
g) Diccionario de Electrónica y Computación
h) Diccionario Inglés-Español de Electrónica
i) 30 Diagramas Completos de Equipos Electrónicos
j) Utilitarios para Reparación de PC
k) Memorias y Cargadores de Memorias

www.webelectronica.com.ar

Debe hacer click en el ícono PASSWORD y luego ingresar las claves que se dan en los CDs. El contenido del CD que acompaña a este tomo es el siguiente:

a) Un Archivo LEAME: Indispensable leer de comienzo a fin de explorar el CD con éxito
b) Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER
c) Video Presentación
d) Enciclopedia Visual Parte 3
e) Curso de Electrónica con Prácticas Parte 3
f) Video: Manejo del Multímetro, parte 2
g) Diccionario de Electrónica y Computación
h) Diccionario Inglés-Español de Electrónica
i) 30 Diagramas Completos de Equipos Electrónicos
j) Utilitarios para Reparación de PC
k) Memorias y Cargadores de Memorias

Muchos archivos están comprimidos, siendo necesario el WINZIP. Si no lo posee puede ejecutarlo desde la opción PROGRAMAS del menú de este CD.

Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER

Estos programas son indispensables para explorar el CD, ver los archivos de texto que contiene y visualizar los videos. Si no están instalados en su PC hágalo cuando el CD se lo pregunte.

Video Presentación

En este video el Ing. Horacio Vallejo, realizador de la obra, lo guía paso a paso para que pueda explorar el CD de la forma más rápida y efectiva. Le sugerimos ver este video para obtener el mayor provecho posible.

Enciclopedia Visual Parte 3

Se dan los fascículos 9 a 12 de la ENCICLOPEDIA VISUAL DE LA ELECTRONICA, obra complementaria que enseña con mayor profundidad los conceptos vertidos en cada tomo escrito de la obra.

Curso de Electrónica con Prácticas, Módulo 3

Este Curso de Electrónica es el primer sistema de enseñanza a distancia con seguimiento personal a través de Internet. El curso se compone de 14 lecciones, 5 series de prácticas y 6 evaluaciones. Los exámenes son la parte del curso (quizá la más tediosa para muchos) en la que el alumno deberá responder y si lo desea, enviar a las direcciones que se mencionan en el CD para su corrección. Sin embargo, Ud. posee la respuesta a cada examen en Internet. En cualquier momento puede realizar consultas por medio de los formularios que hemos habilitado en Internet para tal fin.
Cabe aclarar que en este CD se encuentran las lecciones 7 y 8, la Práctica número 3 y el examen 4. En lo sucesivo se continuará con este curso.

Video "Manejo del Multímetro II"

Este es un video de unos 15 minutos de duración que muestra cómo se maneja el multímetro y de qué manera se miden componentes. Es continuación del video mostrado en el CD Nº 1 de esta obra.

Diccionario de Electrónica y Computación

Se trata de un diccionario de términos técnicos usuales, empleados en América latina. Resulta una guía práctica para consultar cuando se tiene duda sobre algún tema en particular dado que cada término posee una explicación práctica.

Diccionario Técnico Inglés - Español

Libro imprescindible para todo aquél que posee conocimientos escazos de inglés y desea conocer el significado de un término específico.

30 Diagramas de Equipos Electrónicos

Diagramas eléctricos de equipos electrónicos en formato pdf que se pueden imprimir en tamaño gigante. El listado de planos incluidos en este CD es el siguiente:

Audio AIWA-CA-W54MK2
Audio AIWA-CSD-ED37
Audio AIWA-CSD-ED88-89
Audio HITACHI AX-C8
Audio PANASONIC SA-AK15
Audio PANASONIC RX-DT680
Camcorder HITACHI 330835
Camcorder HITACHI VM E330
Camcorder PANASONIC NVRX2
Monitor ACER F51EN-A.SCH
Monitor BELINEA 104064
Teléfono PANASONIC T1000
Teléfono PANASONIC T2310
Teléfono PANASONIC T2335
TV AIWA-TV-SE211
TV FUNAI TV-2003
TV GOLDSTAR PC-08X2L
TV GOLDSTAR CF-25C44
TV GOLDSTAR WF-28A10TM-NM
TV GRUNDIG CUC4410
TV PANASONIC-TC-2171EE
TV PANASONIC-TX-25AD2P-TX-29AD3P
TV PANASONIC-TX-26AD2P-TX-27AD3P
TV PHILIPS-GR1-AX
Video AIWA-HV-FX-6500
Video AIWA-HV-CX-818
Video GOLDSTAR P-R500AW
Video GOLDSTAR CV400-411OST
Video SONY SVR-270
Video SONY SV-356

Utilitarios

Gran cantidad de utilitarios para probar y optimizar computadoras. Lea el archivo apropiado para saber cómo emplearlos.

Memorias y Cargadores

Manual que explica qué son las memorias y cómo funcionan. Se incluyen 3 circuitos cargadores de memorias de las empleadas en TV y videos con las respectivas aplicaciones para que se arme su propio prototipo. ✪

El CD incluye diagramas eléctricos de equipos electrónicos en formato pdf que se pueden imprimir en tamaño gigante.
El listado de planos incluidos en este CD es el siguiente:

Audio AIWA-CA-W54MK2
Audio AIWA-CSD-ED37
Audio AIWA-CSD-ED88-89
Audio HITACHI AX-C8
Audio PANASONIC SA-AK15
Audio PANASONIC RX-DT680
Camcorder HITACHI 330835
Camcorder HITACHI VM E330
Camcorder PANASONIC NVRX2
Monitor ACER F51EN-A.SCH
Monitor BELINEA 104064
Teléfono PANASONIC T1000
Teléfono PANASONIC T2310
Teléfono PANASONIC T2335
TV AIWA-TV-SE211
TV FUNAI TV-2003
TV GOLDSTAR PC-08X2L
TV GOLDSTAR CF-25C44
TV GOLDSTAR WF-28A10TM-NM
TV GRUNDIG CUC4410
TV PANASONIC-TC-2171EE
TV PANASONIC-TX-25AD2P-TX-29AD3P
TV PANASONIC-TX-26AD2P-TX-27AD3P
TV PHILIPS-GR1-AX
Video AIWA-HV-FX-6500
Video AIWA-HV-CX-818
Video GOLDSTAR P-R500AW
Video GOLDSTAR CV400-411OST
Video SONY SVR-270
Video SONY SV-356



Semiconductores
Diodos
Transistores
Polarización
Reguladores Integrados

9 789871 116119 00004

Enciclopedia Visual: Tomos 13 a 16

Curso de Electrónica con Prácticas y Evaluaciones: Cuarto Módulo

Video: Manejo del Osciloscopio II

Historia de la Electricidad y la Electrónica

30 Diagramas Gigantes de Equipos Electrónicos

CURSO de Circuitos Digitales con Evaluaciones

Programas y Utilitarios Varios

Contenido del CD

AUDIO, TV, VIDEO

Precio en: *Argentina: $8,90*
México $20 M.N.
Venezuela: $10,000.00
Colombia: $14,000.00
Otros Países: U$S6

ELECTRONICA

TEORIA Y PRACTICA

ISBN: 987-1116-10-1



PRESENTA

ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA

TOMO 4

Coordinado por: Ing. Horacio D. Vallejo

Editado por:
EDITORIAL QUARK S.R.L.
Herrera 761/63 (1295) Buenos Aires, Argentina
Tel./fax: (0054-11) 4301-8804

Director: Horacio D. Vallejo

Impresión: New Press Grupo Impresor S.A., Bs. As., Argentina - septiembre 2003.

Distribución en Argentina: Capital: Distribuidora Cancellaro e Hijo SH, Gutemberg 3258, Buenos Aires - Interior: Distribuidora Bertrán S.A.C., Av. Vélez Sarsfield 1950, Buenos Aires
Distribución en Uruguay: Rodesol, Ciudadela 1416, Montevideo.
Distribución en México: Saber Internacional SA de CV, Hidalgo 7A, Ecatepec de Morelos, Ed. México, México, (0155) 5787-8140
Distribución en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Paraguay, Chile y Centroamérica: Solicitar dirección del distribuidor al (005411)4301-8804 o por Internet a:

www.webelectronica.com.ar

(Los compradores de esta edición tienen acceso a información adicional con el password: enci42)

ISBN Obra Completa: 987-1116-10-1

Prólogo

La "Enciclopedia de Electrónica Básica", es una obra de 6 tomos acompañada de CDs MULTIMEDIA y bibliografía adicional que se puede bajar gratuitamente desde Internet con las claves dadas en diferentes párrafos de cada tomo y de los CDs.

La Enciclopedia tiene como objeto mostrar las bases, leyes y postulados de la electricidad y la electrónica además de introducir al lector en esta disciplina que abarca varias ramas ya sea en la electrónica analógica como en la digital.

Esta enciclop[edia posee temas que se desarrollan también en el CD "Enciclopedia Visual de la Electrónica" y en "Teoría Servicio y Montajes". Esto es así porque los postulados de la electrónica son siempre los mismos y empleamos igual bibliografía para cada caso. Sin embargo, en la medida que avanza la obra, notará que la que está leyendo en estos momentos está dirigida a que Ud. "aprenda" electrónica mientras que "Teoría, Servicio y Montajes" está orientada a los técnicos reparadores. Por otra parte, en los CDs de esta Enciclopedia encontrará abundante material práctico que no posee la "Enciclopedia Visual". Por lo dicho, aclaramos que son tres productos creados con diferentes objetivos aunque algunos de los temas tratados sean los mismos.

INDICE

DIODOS Y TRANSISTORES

El uso eficiente de los dispositivos electrónicos de estado sólido requiere por lo menos de un conocimiento superficial de las propiedades físicas en que se basa su operación.

Estos conocimientos deberán permitir al técnico comprender y usar eficazmente los múltiples dispositivos que con toda certeza habrán de ser desarrollados en el futuro.

Introducción

Como los electrones obedecen a ciertas leyes básicas, su comportamiento puede predecirse y controlarse con bastante precisión. De hecho, la electrónica se basa en la capacidad que tiene el hombre para predecir y controlar los movimientos de los electrones, y cuya finalidad es la producción de un sistema que transfiera o transforme energía en cualquiera de sus formas.

Algunas propiedades de un electrón son bien conocidas: la masa de un electrón, que es de $9{,}1066 \times 10^{-31}$ kg, es la partícula finita mensurable más pequeña conocida de materia. La carga de un electrón es de $1{,}602 \times 10^{-19}$ coulomb y es la unidad de carga eléctrica más pequeña que se conoce. Además, se pueden observar ciertos efectos del electrón. Por ejemplo, la trayectoria de un electrón puede verse, bajo ciertas condiciones, con el empleo de una cámara de niebla, o bien se pueden obtener registros permanentes de algunas trayectorias electrónicas, si se utilizan métodos apropiados. También, determinados materiales emiten destellos más visibles cuando sufren el impacto de un electrón, en consecuencia es posible ver el punto del impacto de los electrones.

El uso eficiente de los dispositivos electrónicos de estado sólido requiere por lo menos de un conocimiento superficial de las propiedades físicas en que se basa su operación. Estos conocimientos deberán permitir al técnico comprender y usar eficazmente los múltiples dispositivos que con toda certeza habrán de ser desarrollados en el futuro.

El Atomo

El modelo del átomo de Bohr se refiere a una disposición adecuada de electrones que giran en órbitas circulares alrededor de un núcleo integrado por protones y neutrones. Dicho modelo será utilizado para ayudar a la visualización de los principios básicos.

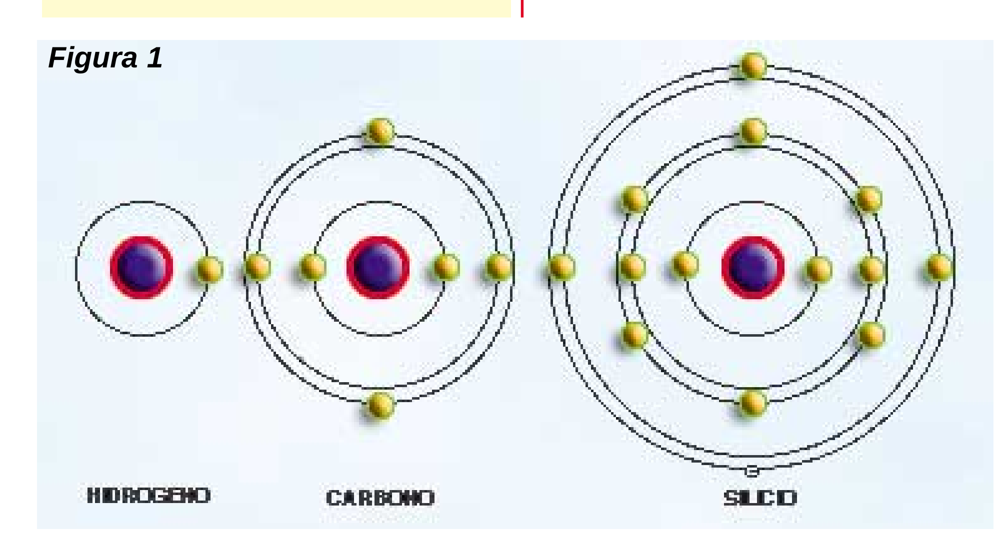


Figura 1

Los diagramas del modelo de Bohr de algunos átomos interesantes se muestran en la figura 1. El átomo más simple es el de hidrógeno que tiene un electrón planetario y un núcleo consistente de un protón.

Los átomos tetravalentes (cuatro electrones en la capa exterior, deducibles por consideraciones energéticas de sus niveles y subniveles electrónicos) son de cierto interés para el estudio de los semiconductores. El más simple de éstos es

el carbono, que tiene seis electrones planetarios y seis protones en el núcleo. Los dos electrones más próximos al núcleo forman lo que se conoce como una cubierta cerrada.
Esto significa que sólo pueden acomodarse dos electrones en ese nivel de energía.
Los cuatro electrones exteriores se conocen como electrones de valencia, y son los que determinan la actividad química del material. Respecto de estos electrones de valencia originalmente se consideraba que ocupaban el mismo nivel de energía; sin embargo, investigaciones y estudios más profundos han revelado que la órbita de valencia está separada por lo menos de dos niveles, con dos electrones en el nivel o subgrupo más bajo.
La capa externa debe tener cuatro electrones adicionales para completar la órbita. Este comportamiento se puede observar en el diagrama del átomo de silicio que, como el de carbono, tiene cuatro electrones de valencia, pero tiene una capa completa entre la capa interior y la de valencia. Las propiedades químicas del silicio son similares a la del carbono.
Otro elemento pertenenciente a este grupo es el germanio, que posee treinta y dos electrones orbitales, incluidos cuatro electrones de valencia; tiene dos órbitas llenas entre las órbitas externa e interior.
El estaño, que pertenece al mismo grupo, y cuyo número de electrones es igual a cincuenta, es otro átomo tetravalente. Tiene completas las subcapas, a excepción de la más externa, que sólo posee dos de los seis electrones posibles.

Diferencias Entre Metales y Semiconductores

A pesar de las similitudes vistas entre los cuatro elementos mencionados, el carbono en forma cristalina (diamante) es desde el punto de vista de su comportamiento eléctrico, un aislante. El silicio y el germanio son semiconductores, y el estaño es un metal conductor.
Por lo dicho, la mayoría de los conductores sólidos de la electricidad se pueden clasificar como metales o como semiconductores. Cabe recordar que a un mal conductor de la electricidad se lo denomina aislante, mientras que un conductor excelente es un metal. Por lo tanto, las sustancias cuya conductividad esté entre estos dos extremos son denominadas semiconductores.
La corriente eléctrica es debida al desplazamiento de cargas (electrones) en el interior de un material, por eso, será necesario hacer una diferencia fundamental entre un metal y un semiconductor. Los semiconductores conducen la corriente por medio de dos modos distintos e independientes del movimiento de los electrones. Uno de ellos puede describirse como la circulación de cargas negativas mientras que el otro debe describirse como la circulación de cargas positivas.
En cambio los metales sólo conducen por medio de portadores de carga negativa, es decir que no existen portadores móviles de carga positiva. Dicho de otra forma, la corriente en un metal podrá desplazarse en cualquier dirección, mientras que en un semiconductor, dependerá de varios factores como ser la disposición de las cargas, la diferencia de potencial, etc.
Por último diremos que cualquier material podrá clasificarse en una de las tres clases mencionadas: ***Aislantes, Metales o Semiconductores***, dependerá sobre todo de lo que se denomina estructura de su banda de energía.

El modelo del átomo establece una disposición adecuada de electrones que giran en órbitas circulares alrededor de un núcleo integrado por protones y neutrones.

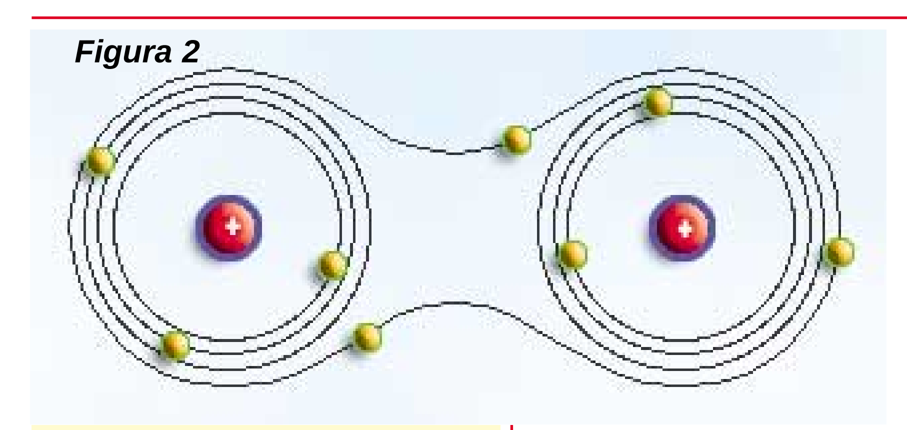
El átomo más simple es el de hidrógeno que tiene un electrón planetario y un núcleo consistente de un protón.

Los átomos tetravalentes (cuatro electrones en la capa exterior, deducibles por consideraciones energéticas de sus niveles y subniveles electrónicos) son de cierto interés para el estudio de los semiconductores.

El más simple de éstos es el carbono, que tiene seis electrones planetarios y seis protones en el núcleo. Los dos electrones más próximos al núcleo forman lo que se conoce como una cubierta cerrada.

Bandas de Energía

Figura 2



Al estudiarse la formación de los átomos y en particular en el análisis del átomo de Bohr, se comprobó que los niveles de energía que podrán ocupar los electrones son discretos. Esto significaría que solamente podrían existir determinados niveles de energía "permitidos". Todos los otros niveles están "prohibidos".

Los niveles de energía de los electrones de un átomo individual se modifican por la presencia de otros átomos en las proximidades.

Como ejemplo podemos citar un electrón asociado con un átomo tal como se ve en la figura 2, compruébase que se ve afectado por las distribuciones de cargas de los átomos vecinos.

Al disminuir la distancia entre los átomos, los niveles de energía de cada electrón se ven cada vez más afectados por las distribuciones de carga de los átomos vecinos. Como consecuencia, los niveles de energía discretos del electrón de los átomos distanciados cambian a bandas de energía cuando hay otros átomos en las cercanías. Los metales son buenos conductores porque poseen grandes concentraciones de electrones libres o móviles. Cada átomo del metal contribuye sólo con uno o dos electrones de valencia, estimándose unos 10^{23} electrones libres por cada centímetro cúbico de toda la estructura. Estos electrones podrían considerarse como constituyentes de una gran nube o mar de portadores de carga libres y se distribuyen en forma uniforme en el volumen que ocupa el metal.

Por lo tanto, los electrones de valencia son móviles o libres en el sentido de que no están vinculados a los átomos del metal. Pueden moverse libremente por el volumen de éste. Asimismo, cabe señalar que un metal es eléctricamente neutro, porque la carga negativa de los electrones está equilibrada exactamente por la carga positiva asociada a los núcleos.

No obstante, como el átomo permanece en una posición fija dentro de la estructura, la conducción en los metales es debida al proceso de un solo tipo de portadores: ***las cargas negativas.***

En un metal, con la influencia de un campo eléctrico, los electrones pueden adquirir una energía adicional y cambiar a niveles más elevados. Ya que estos electrones móviles constituyen una corriente, este material es conductor y la región parcialmente llena, es la banda de conducción.

En un aislante, la energía que se le podrá suministrar es demasiado grande para llevar la partícula desde la banda de valencia a la banda vacía o de conducción.

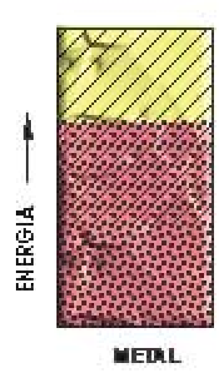
En un material semiconductor encon-

La capa externa de un átomo debe tener cuatro electrones adicionales para completar la órbita. Este comportamiento se puede observar en el diagrama del átomo de silicio que, como el de carbono, tiene cuatro electrones de valencia, pero tiene una capa completa entre la capa interior y la de valencia. Las propiedades químicas del silicio son similares a la del carbono.

Figura 3

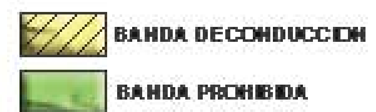
ENERGIA

AISLANTE



ENERGIA

METAL





tramos que la anchura de la banda prohibida es relativamente pequeña. Las diferencias de estructuras de bandas de energía de estas tres clases de materiales se observan en la figura 3.

Generación de Impurezas

Un material semiconductor "impuro" puede ser denominado ***semiconductor extrínseco***; tal es el caso del silicio o del germanio, a los que se les ha agregado un pequeño porcentaje de átomos trivalentes o bien de átomos pentavalentes.
Cuando se añaden intencionalmente átomos de impurezas, se dice que el conductor está "contaminado". Como resultado de la modificación introducida podría esperarse que las impurezas alteraran los niveles de energía y, por ende, cambian la conductividad de la estructura cristalina.
Los metales son buenos conductores de la electricidad, ya que tienen resistividades eléctricas menores que las de los gases, líquidos y sólidos no metálicos. La conductividad de un semiconductor puede aumentarse si se incorporan pequeñas cantidades de ciertas impurezas al cristal.
Por ejemplo, si se agregan unas cuantas partes por millón de átomos que tienen cinco electrones de valencia (tales como arsénico o antimonio), los átomos de impurezas contaminan la estructura del cristal reemplazando a los átomos, ya sean de germanio o de silicio (figura 4).
De la misma forma, si se introduce una cantidad pequeña de una impureza "trivalente" a un semiconductor perfecto o intrínseco, cada átomo de dicha impureza se ajusta en la estructura cristalina, obsérvese que en este caso carece de electrones necesarios para completar las uniones o enlaces covalentes (figura 5).
Cada átomo de impureza suministrará un ***electrón*** o un ***hueco*** según se trate. Si el cristal es impurificado con átomos pentavalentes, se conoce como ***material tipo n***; mientras que si se le agregan impurezas trivalentes, tales como el indio o galio, se conoce como ***material tipo P***, debido a que la conducción principalmente se realiza por huecos y, en este caso, se denominan portadores mayoritarios.

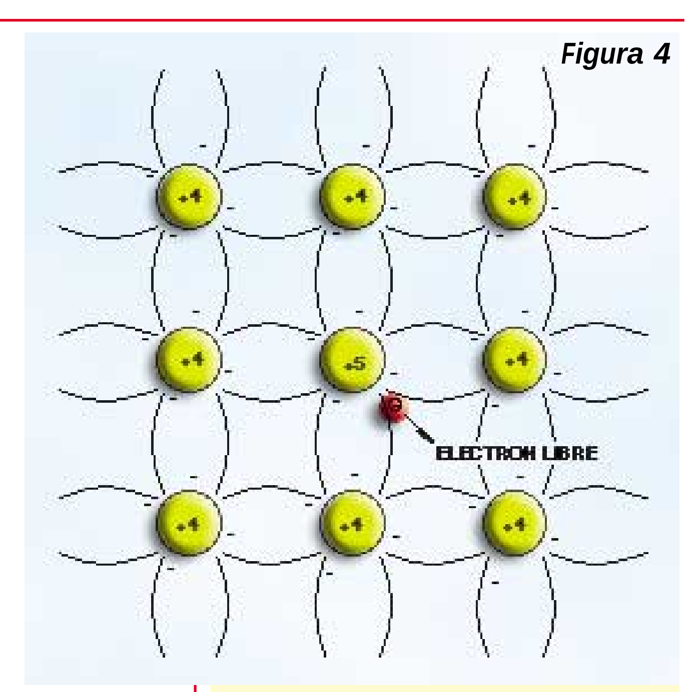


Figura 4

El silicio y el germanio son semiconductores, y el estaño es un metal conductor.

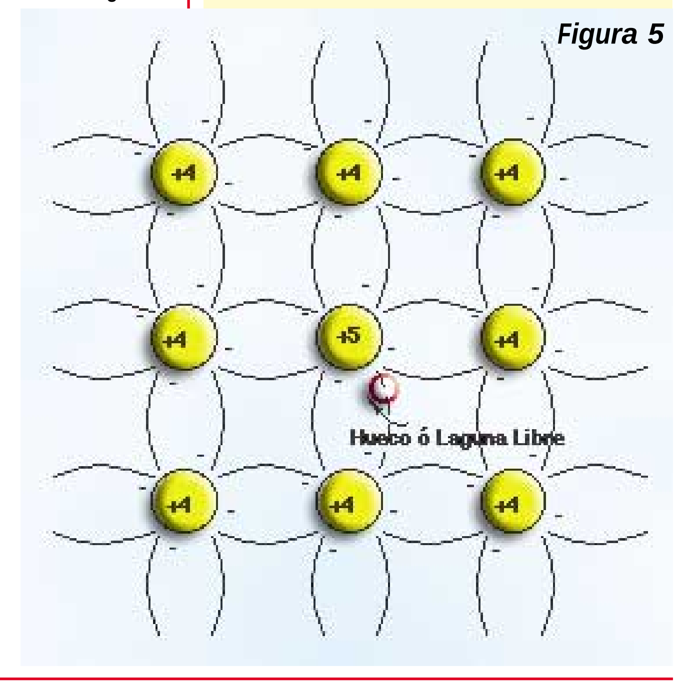
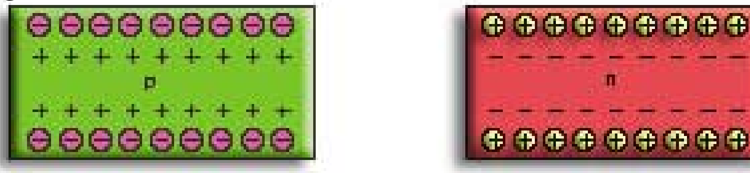


Figura 5

La Juntura P-N

Decimos que diodo es un elemento electrónico por el cual circulará la corriente en una dirección, mientras que no permitirá el paso de dicho flujo en la dirección opuesta.
Este dispositivo se forma cuando se combina una oblea de semiconductor tipo N con una oblea de semiconductor tipo P.
La figura 6 ilustra la acción de la juntura P-N. El material denominado P contiene un porcentaje extremadamente pequeño (del orden de 0,00011%) de átomos im-





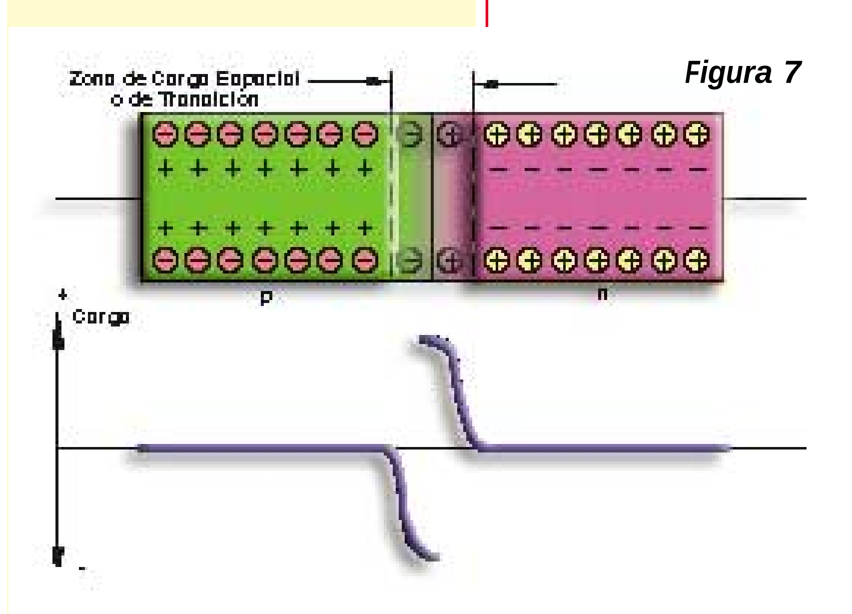


Figura 7

puros (con una valencia +3). Estos átomos también llamados aceptores están representados en la figura 7 como círculos con signos negativos. Con cada átomo aceptador se observa un hueco representado con un signo positivo.

Por otro lado, en el material N de la figura 6 se tienen los átomos de valencia +5, representados por los círculos con signo positivo. Los electrones libres, debidos a estos átomos denominados donores, se muestran con los signos negativos. Es importante hacer notar que tanto la oblea de material P como la de material N son eléctricamente neutras.

Ocurre una redistribución de cargas cuando las dos obleas de materiales semiconductores se conectan. Algunos de los electrones libres del material N se transfieren al material P y se produce un fenómeno de recombinación con los huecos en exceso.

A su vez algunos de los huecos del material P viajan al material N y se recombinan con electrones libres.

Como resultado de este proceso, el material P adquiere una carga negativa; y el material N una carga positiva. Esta redistribución de cargas se muestra en la figura 7.

El proceso por el cual las cargas cruzan la juntura se denomina difusión, y como consecuencia, a ambos lados de la juntura se forma una región o zona de carga espacial por la cual se formará una diferencia de potencial a través de dicha juntura.

La rotura del equilibrio en una juntura P-N ocurre generalmente mediante la aplicación de un potencial externo.

En la figura 8 se visualiza el efecto de dicho potencial sobre la juntura.

En el diagrama 8.A la juntura sin polarización está en equilibrio. Consecuentemente la corriente que atraviesa la juntura debe ser nula, pues el circuito está abierto.

En el diagrama 8.B, la polarización directa disminuye la barrera de potencial de la juntura. La corriente externa del circuito será, por consiguiente,

Cada átomo de impureza suministrará un electrón o un hueco según se trate.

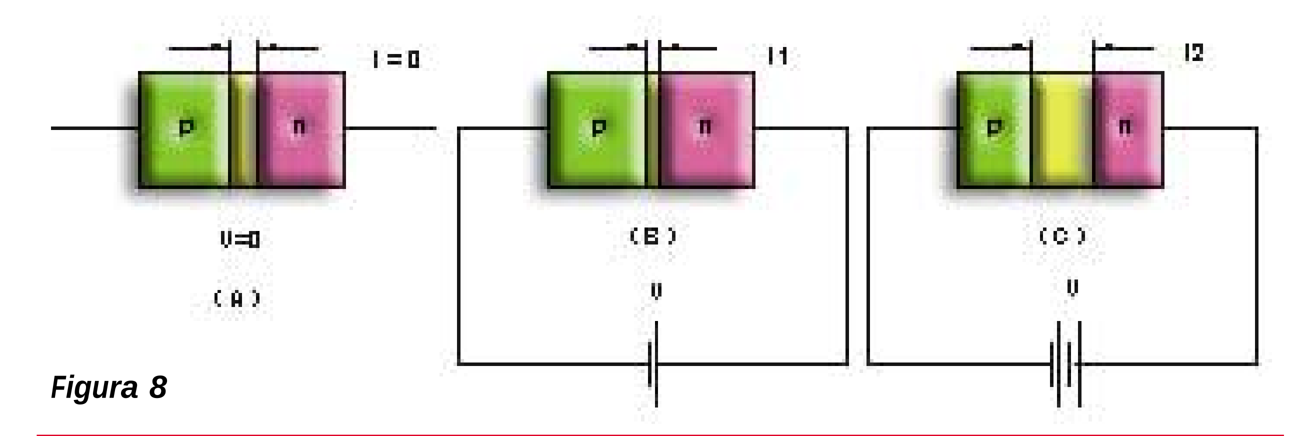
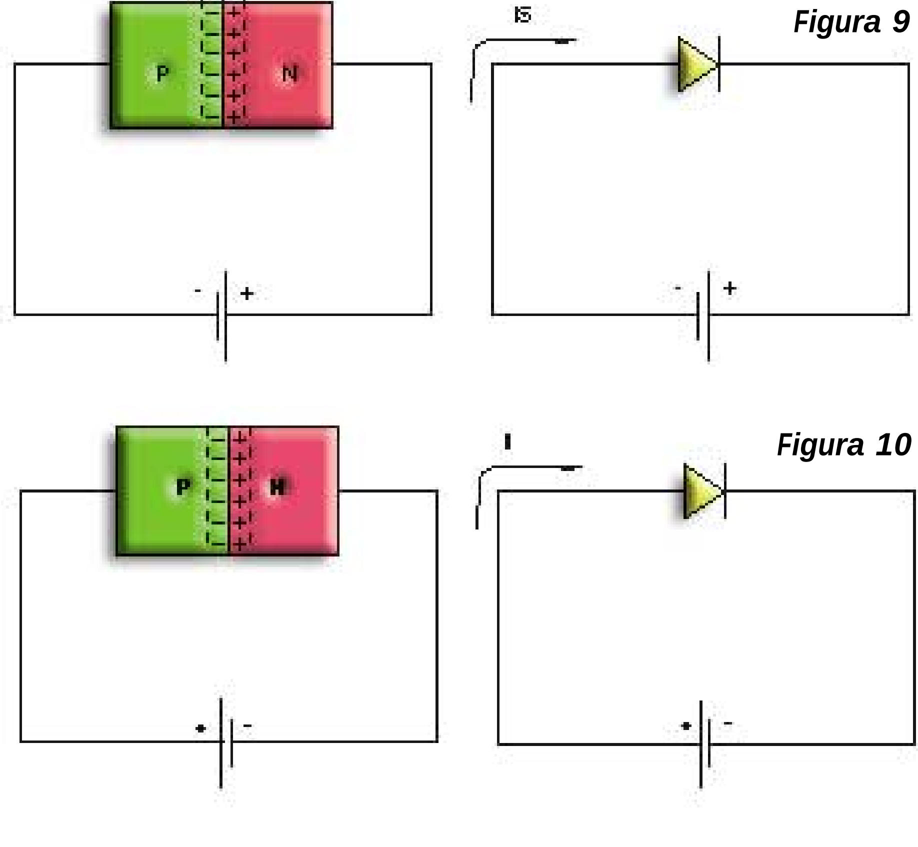


Figura 8

muy grande. En el diagrama 8.C, la polarización inversa externa aumenta la barrera de potencial de la juntura, sólo quedará en el circuito una corriente prácticamente nula, determinada por los portadores minoritarios, que darán lugar a la corriente inversa del diodo.

La característica principal de una juntura P-N es la de que constituye un rectificador que permite un flujo fácil de cargas en una dirección, pero que se opone a la circulación en la dirección opuesta. Consideremos ahora cualitativamente la acción como rectificador:



Con polarización inversa (ver figura 9), la polaridad de la unión es tal que tiende a alejar los huecos (o lagunas) del material P, y los electrones del material N de la juntura. Ahora, la barrera de potencial en la juntura reduce el flujo de portadores mayoritarios (huecos en la región P y electrones en la región N). Se establece, por lo tanto, una pequeña corriente que se denomina corriente inversa de saturación y se la designa como Is. La corriente Is se incrementará con el aumento de la temperatura, pero será independiente de la tensión inversa aplicada. Al aplicar una tensión directa (ver figura 10), el potencial que se establece en la juntura disminuye considerablemente, con lo cual los huecos se moverán de izquierda a derecha y constituirán una corriente en la misma dirección que los electrones que se mueven de derecha a izquierda. Por consiguiente, la corriente resultante que atraviesa la unión es la suma de las corrientes de los huecos y de los electrones. Recordemos que el movimiento de huecos es en sentido figurado, ya que hay un desplazamiento de cargas que asemeja el movimiento de las lagunas.

Característica Tensión-Corriente de un Diodo

La corriente que circula a través de un diodo se relaciona con la tensión aplicada en la juntura, por medio de la siguiente expresión:



$$I = Is \cdot (e^{V/mVt} - 1)$$

Donde:

Is = I de saturación inversa (del orden de los nA).
m = Constante igual a 1 para el germanio e igual a 2 para el silicio.

Decimos que diodo es un elemento electrónico por el cual circulará la corriente en una dirección, mientras que no permitirá el paso de dicho flujo en la dirección opuesta. Este dispositivo se forma cuando se combina una oblea de semiconductor tipo N con una oblea de semiconductor tipo P.

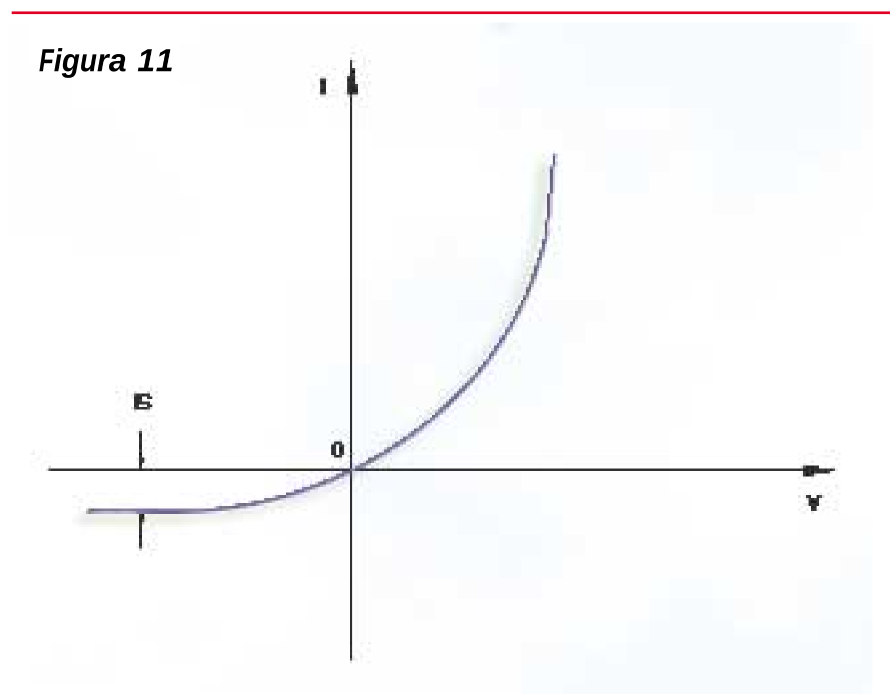


Figura 11

VT = Tensión equivalente igual a 25mV para una temperatura del orden de los 25 °C.

En base a esta ecuación, la curva característica del diodo resulta ser la de la figura 11.

Tensión de Umbral

Los diodos comerciales son, en su mayoría, de germanio o de silicio. Se puede apreciar que, cuando son polarizados en forma directa, existe una independencia inicial de la corriente con respecto a la tensión aplicada.
Esta tensión, por debajo de la cual la corriente es muy pequeña, se denomina tensión de codo, de partida o de umbral (Vu), tal como se grafica en la figura 12.
La tensión de umbral es aproximadamente igual a 0,2 V para el germanio y 0,7 V para el silicio y superado este valor, se dice que el diodo conduce perfectamente.

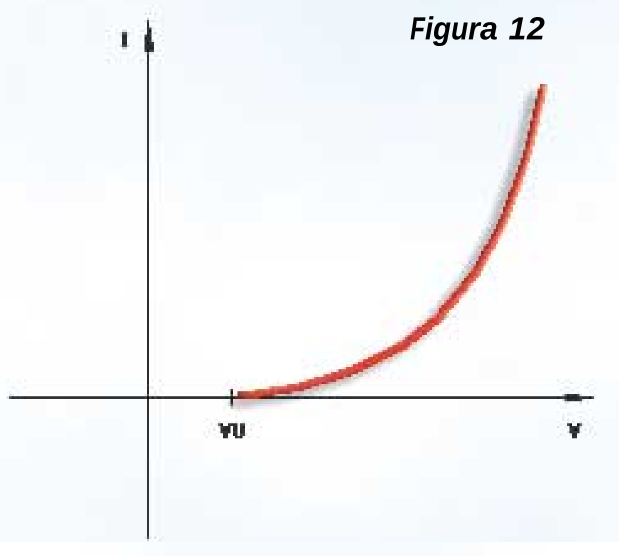


Figura 12

Diodo Zener

Son diodos especiales, cuya característica aparece en la figura 13, y están preparados para funcionar en la zona de ruptura inversa de la unión.
Estos diodos, cuyo símbolo se muestra en la misma figura13, están diseñados para trabajar en dicha zona, y pueden ser explicados como dispositivos de tensión de referencia o de tensión constante, y se conocen como diodos estabilizadores de tensión.
Cuando se aplica una tensión inversa en un diodo se ponen de manifiesto dos características:

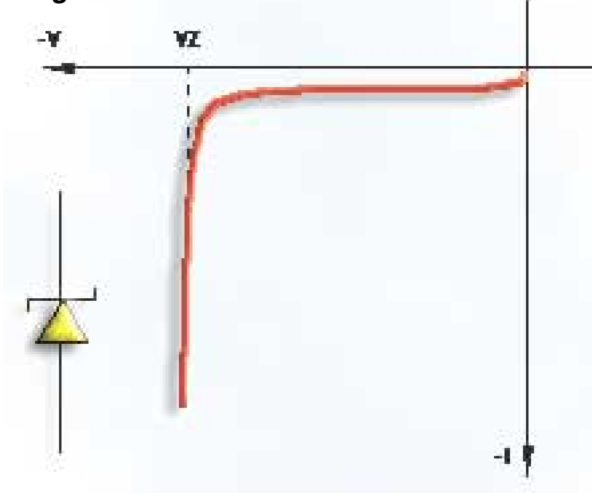


Figura 13

a) Multiplicación por avalancha: Cuando la tensión inversa aumenta, algunos portadores chocan con los iones fijos de la estructura del cristal e imparten suficiente energía para romper una unión covalente. Esto genera un par electrón-hueco que se suma a los portadores originales.
Estos portadores adquieren suficiente energía del campo eléctrico aplicado y, chocando contra otros iones del cristal, crea nuevos pares electrón-hueco.
El resultado es una gran corriente inversa.

b) Ruptura zener: En los diodos zener la existencia de un campo eléctrico en la unión ejerce una fuerza suficientemente elevada sobre el electrón, de manera que se rompe su enlace covalente.

El circuito de la figura 14 permite observar cómo, de una manera simple, se puede estabilizar una tensión igual a Vz, al emplear un diodo zener.
La tensión del generador puede variar dentro de ciertos límites mientras que la tensión de salida Vz permanece constante.

Figura 14

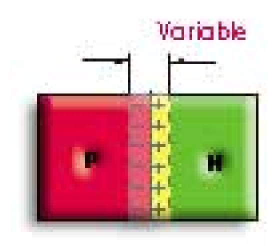
Diodo Emisor de Luz - LED

Así como se absorbe energía para crear pares de electrón-huecos, dicha energía vuelve a ser emitida cuando los electrones se recombinan con huecos.
La energía liberada cuando el electrón pasa de la banda de conducción a la banda de valencia, aparece en forma de radiación.
Cuando los diodos están preparados para emitir radiación en el espectro visible se los denomina diodos emisores de luz, y actualmente se fabrican tanto para emisión de radiación en el campo visible como en el infrarrojo, podrán variar ampliamente en tamaño, forma y color.
Es interesante hacer notar que el proceso de generación de luz aumenta con la corriente inyectada y con el descenso de la temperatura.

Los diodos zener están diseñados para trabajar en dicha zona, y pueden ser explicados como dispositivos de tensión de referencia o de tensión constante, y se conocen como diodos estabilizadores de tensión.

Diodo de Capacidad Variable

La distribución de cargas en la zona de carga espacial no es constante, sino que depende de la tensión aplicada.
Cuanto mayor sea la tensión inversa, mayor será el ancho l de la zona de transición de la figura 15 y, por lo tanto, menor su capacidad. Análogamente, si aumenta la tensión directa, la longitud l decrece y la capacidad aumenta.
Los diodos fabricados especialmente, y que basan su funcionamiento en el principio de la variación de la capacidad con la tensión, se denominan varicap o diodos de capacidad variable.
Una de las aplicaciones más importante es la de establecer sintonía por tensión de un circuito resonante LC.
El símbolo del varicap y su correspondiente circuito eléctrico equivalente se muestran también en la figura 15.



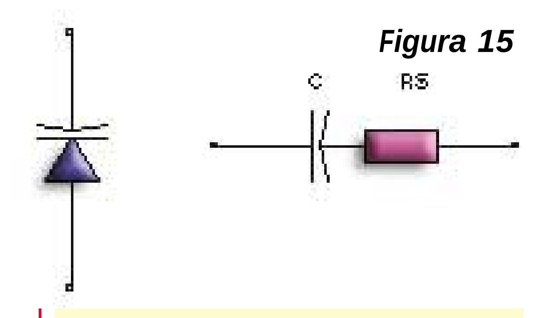
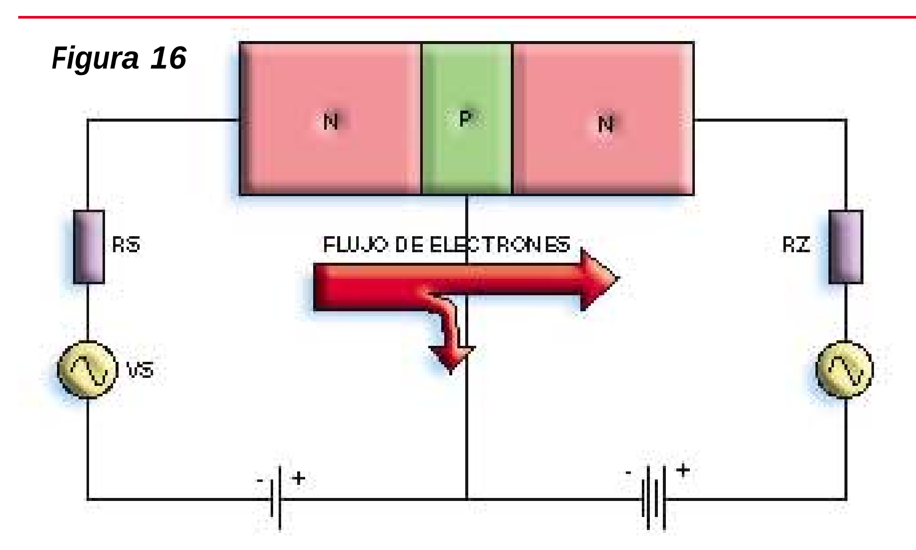


Figura 15

Transistor de Juntura Bipolar

Una juntura P-N polarizada en sentido inverso hace circular una pequeña corriente para una tensión por debajo de la de ruptura, que se comporta como una resistencia elevada. Una juntura polarizada en directa permite la circulación de una gran corriente para una cierta tensión aplicada, es decir

Figura 16



que equivale a un elemento de baja resistencia. Como la potencia que se desarrolla en una resistencia está dada por:

$$P = I^2 . R$$

Podemos hablar entonces, de una "ganancia" de potencia en un dispositivo que maneje una resistencia baja a partir de una resistencia elevadas. Esto se logra con un dispositivo que contiene dos junturas P-N polarizadas en direcciones opuestas denominado transistor de juntura bipolar.

En la figura 16 se muestra un transistor bipolar que posee dos junturas.

Las obleas externas son de material tipo N (en este caso) y están separadas por una muy delgada capa de material de tipo P. Como se puede apreciar, por medio de las pilas externas, se polariza una juntura en directa, lo que proporciona un circuito de baja resistencia. Mientras que aplicando polarización inversa a la otra juntura, dará lugar a un circuito de alta resistencia. Los portadores mayoritarios, en este caso electrones, fluyen fácilmente de la región N de la izquierda a la que está sometida la juntura.

La mayoría de estos electrones fluyen a través de la delgada región P y son atraídos por el potencial positivo de la batería externa conectada sobre la juntura de la derecha.

Debido a esto, más del 99% de la corriente electrónica alcanza la región N de la derecha.

Este elevado porcentaje de difusión de la corriente proporciona ganancia de potencia en el circuito (de salida) de alta resistencia. Se deduce, entonces, que el transistor es capaz de "amplificar" potencia.

El funcionamiento de los transistores P-N-P es similar al del N-P-N explicado, excepto en que las tensiones de polarización deben invertir su polaridad y que el flujo de electrones circula en dirección opuesta.

De aquí en más, no haremos referencia a la corriente de huecos ni a la corriente de electrones, sino más bien al flujo convencional de corriente, lo que supone que atraviesa un circuito en la dirección que va desde el terminal positivo de la batería al terminal negativo de la misma.

Si consideramos al transistor como un cuadripolo, tal como se lo muestra en la figura 17, donde:

I1 = corriente de entrada
V1 = tensión de entrada
I2 = corriente de salida
V2 = tensión de salida

Tendremos en cuenta que:

- Las tensiones que hacen positivos los bornes superiores respecto de los inferiores (tal como lo indican las flechas) se toman como positivas.
- Las corrientes que entran al cuadripolo son positivas.

En base al modelo de un cuadripolo, podemos realizar un análi-

Así como se absorbe energía para crear pares de electrón-huecos, dicha energía vuelve a ser emitida cuando los electrones se recombinan con huecos.

La energía liberada cuando el electrón pasa de la banda de conducción a la banda de valencia, aparece en forma de radiación.

Figura 17



sis sobre el funcionamiento de los transistores, comenzaremos por un NPN. Para nuestro análisis haremos referencia al circuito de la figura 18.

Aplicando la 1º ley de Kirchhoff resulta:

$$IB + IC - IE = 0$$

por lo tanto:

$$IE = IB + IC$$

Para el transistor PNP, haciendo referencia al circuito de la figura 19, se tiene:

$$IE - IC - IB = 0$$

Luego:

$$IE = IB + IC$$

Ahora bien, para que el transistor opere como amplificador, la unión emisor-base debe estar polarizada en sentido directo y la unión base-colector en sentido inverso, con lo cual se cumple que:

$$IE = IB + IC \qquad (1)$$

La corriente de colector de un transistor también está dada por:

$$IC = \alpha\, IE + ICBo \qquad (2)$$

Donde :

α = 0,95 a 0,99

ICBo = I térmica de portadores minoritarios.

Para el silicio (y a temperatura ambiente) ICBo es muy pequeño y por lo tanto despreciable.

De (2):

$$IC \approx \alpha \cdot IE$$

Con lo cual:

$$\alpha = \frac{IC}{IE}$$

Donde:

α = ganancia estática de corriente del transistor en configuración base común.

Los fabricantes de transistores suelen darle el nombre de hFB a este parámetro.

Operando matemáticamente con las expresiones (1) y (2), se tiene que:

Figura 18

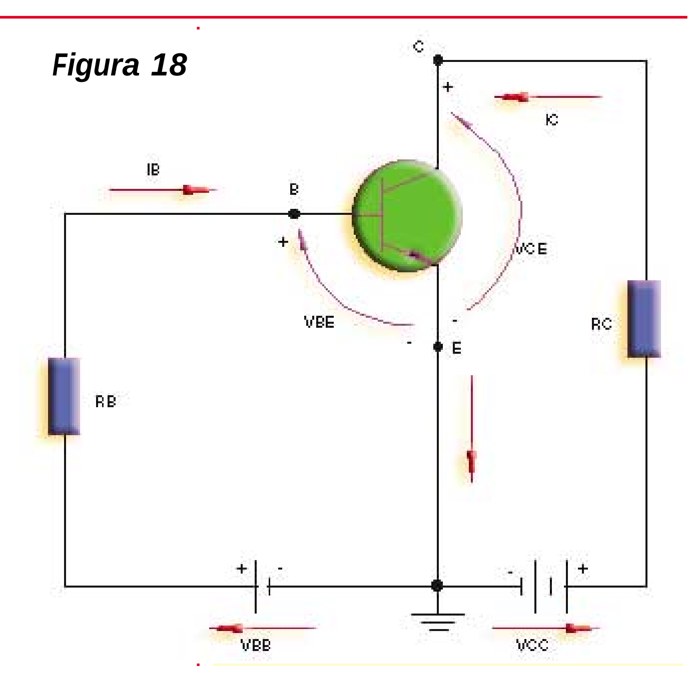
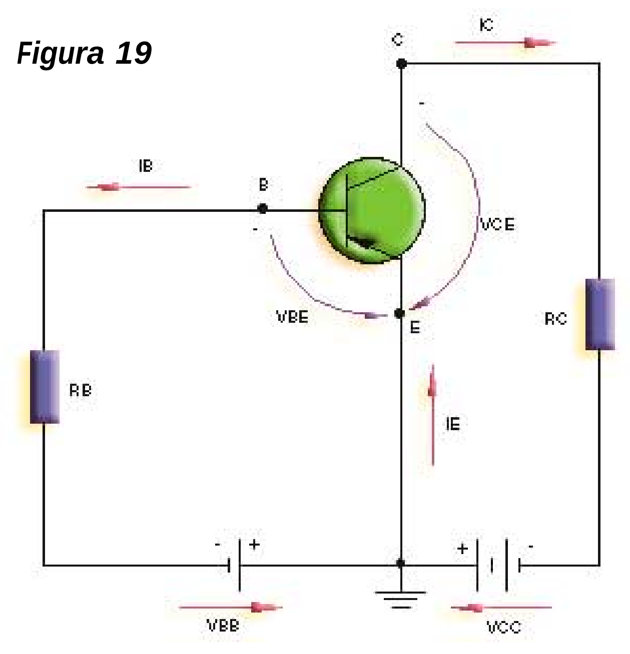


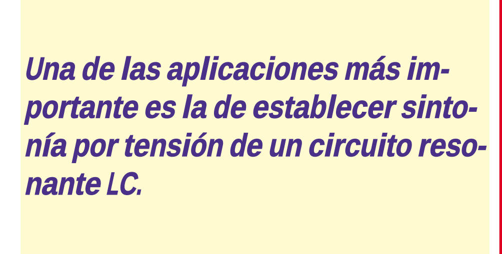
Figura 19



Cuando los diodos están preparados para emitir radiación en el espectro visible se los denomina diodos emisores de luz, y actualmente se fabrican tanto para emisión de radiación en el campo visible como en el infrarrojo, podrán variar ampliamente en tamaño, forma y color.

El proceso de generación de luz aumenta con la corriente inyectada y con el descenso de la temperatura.

Los diodos fabricados especialmente, y que basan su funcionamiento en el principio de la variación de la capacidad con la tensión, se denominan varicap o diodos de capacidad variable.



Una de las aplicaciones más importante es la de establecer sintonía por tensión de un circuito resonante LC.

$$IC = (IB + IC)\ \alpha + ICBO$$

Como hemos dicho, ICBo es despreciable y por lo tanto:

$$IC = (IB + IC)\ \alpha$$

Operando:

$$IC = \alpha\ IB + \alpha\ IC$$

Luego:

$$IC - \alpha\ IC = \alpha\ IB$$

Se deduce entonces:

$$IC\ (1 - \alpha) = \alpha\ IB$$

O bien:

$$IC = \frac{\alpha}{1 - \alpha}\ IB \qquad (3)$$

A la relación:

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

Se la denomina Ganancia Estática de Corriente del Transistor en Configuración Emisor Común; luego, operando con (3) y (4), se tiene:

$$IC = \beta\ IB$$

Luego:

$$\beta = \frac{IC}{IB}$$

β = Ganancia estática de la corriente de colector respecto de la de base. En los manuales en lugar del parámetro b se suele dar el factor hFE

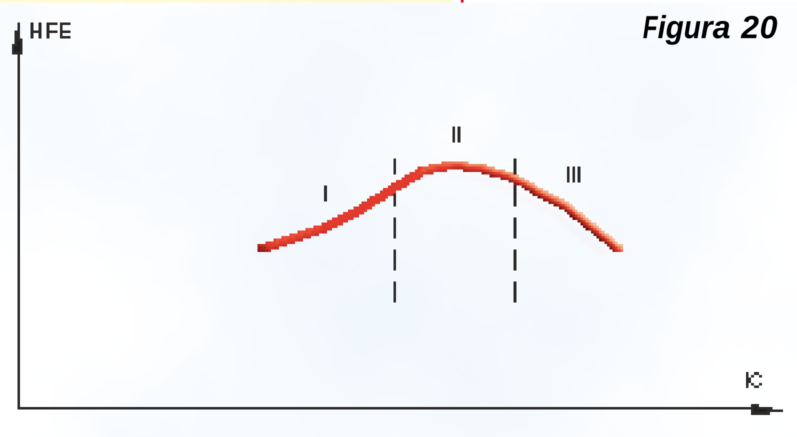


Figura 20

Variación de hFE con IC

El conocimiento de la dependencia del hFE con la temperatura nos permitirá saber cuáles son los márgenes de operación de un circuito a la hora de tener que realizar un diseño.
En la figura 20 se describe cómo varía el hFE con la temperatura. En dicha gráfica se observan tres regiones:

Región I: Baja corriente de colector. El hFE aumenta al incrementarse la corriente de colector IC.
Región II: El hFE es casi constante con variaciones de temperatura.
Región III: El hFE decrece rápidamente con aumento de la temperatura.

Curva Característica de Salida

En la figura 21 se muestra la característica tensión corriente de salida típica, correspondiente a la configuración emisor común. En la misma pueden estudiarse cinco zonas particulares:

• Entre la ordenada y la recta vertical trazada por VCE-SAT se tiene la zona de saturación. El transistor conduce una corriente muy grande, prácticamente sin caída de tensión apreciable entre los terminales de colector y emisor.

Figura 21



• El límite inferior de corriente, que es por debajo del cual se considera que no circula corriente de colector, se llama zona de corte.

• Para valores grandes de tensión VCE se produce una corriente excesiva por avalancha, que daña el dispositivo. Dicha región se denomina zona de ruptura.

• La zona que determina la máxima potencia que puede manejar el transistor se representa por una hipérbola. Por encima de ella se corre el peligro de destruir el transistor; por lo tanto queda definida una zona de máxima disipación.

• La zona activa determina los valores en que debe moverse el transistor cuando opera como amplificador de señal. En dicha zona, la IC depende casi exclusivamente de IB.

Una juntura P-N polarizada en sentido inverso hace circular una pequeña corriente para una tensión por debajo de la de ruptura, que se comporta como una resistencia elevada.

Como conclusión, se observa que la zona útil o zona activa corresponde al funcionamiento lineal del dispositivo.
Se debe dar tensión al transistor (polarizarlo), para que opere en la zona activa, para ello existen varios sistemas:

Figura 22

Polarización

En la figura 22 se tiene un transistor NPN, en donde se representan los sentidos reales de las tensiones y corrientes cuando se lo polariza con dos baterías.

Una juntura polarizada en directa permite la circulación de una gran corriente para una cierta tensión aplicada, es decir que equivale a un elemento de baja resistencia.

Un transistor consiste en una oblea N, otra P y otra N, dispuestas de forma tal que forman dos junturas.

La función principal del transistor es la de incrementar la potencia de una señal.

La idea es que se emplee una sola batería para establecer las tensiones necesarias en las junturas.
En términos generales, y considerando que no tenemos inyección de señal, los valores de IC y VCE representan un sólo punto sobre las curvas que, a su vez, determinará el punto de reposo o punto de trabajo estático del transistor.
Para determinar el punto de trabajo hagamos las siguientes consideraciones:

1) La malla de entrada o malla I (red conectada entre la base y el emisor).
2) La característica tensión-corriente de la juntura base-emisor, la cual está impuesta por el transistor.
3) La condición que fija la malla de salida o malla II (red conectada entre el colector y el emisor).
4) Las características de tensión-corriente de la juntura colector-emisor.

Los valores que surgen de la tercera condición nos permitirán levantar la Recta Estática de Carga del Transistor por donde se moverá el punto de trabajo.
De la malla II:

$$Vcc = IC \cdot RC + VCE$$

Luego:

$$IC = \frac{VCC - VCE}{RC} \qquad (5)$$

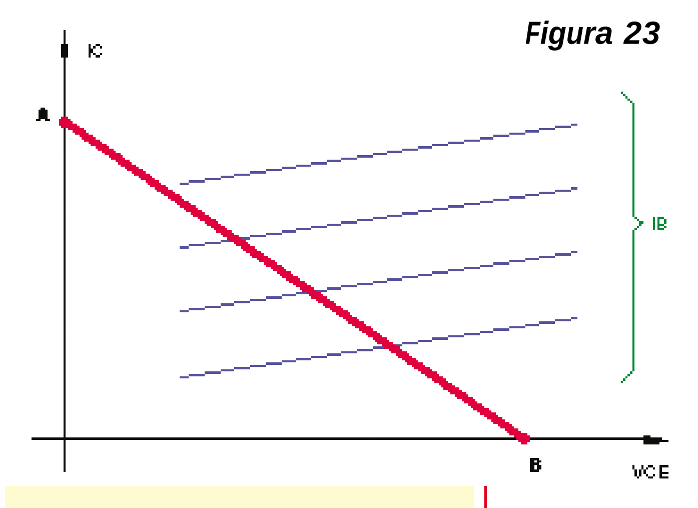


Figura 23

Esta ecuación, gráficamente representa una recta llamada recta de carga estática, tal como se observa en la figura 23.
Los puntos A y B, extremos de dicha recta pueden hallarse haciendo:

A) VCE = 0V y hallando el valor correspondiente de IC.

$$IC = \frac{VCC}{RC}$$

B) IC = 0 y hallando el correspondiente valor de VCE.

$$VCE = VCC$$

Para que un transistor funcione correctamente, la juntura base/colector se polariza en inversa y la juntura base/emisor se polariza en directa.

De la malla de entrada se deduce:

$$VBB = IB \cdot RB + VBE$$

Luego:

$$IB = \frac{VBB - VBE}{RB} \qquad (6)$$

Donde:
VBE = tensión de umbral correspondiente a la juntura base-emisor, aproxi-

madamente igual a 0,2 V para el germanio y 0,7 V para el silicio.
Obtenido el valor de la corriente de base IB, interceptamos la recta de carga estática como se muestra en la figura 24.
La solución gráfica determina finalmente un punto denominado Q, o bien punto de reposo o punto de trabajo, para las condiciones dadas.
Analicemos ahora el circuito de la figura 25, el cual emplea sólo una fuente de alimentación:
Recorriendo la malla II surge que:

$$VCE = V - IC \cdot (RC + RE) \qquad (7)$$

Recorremos la malla I, tenemos:

$$V - VBE = IE \cdot RE + IB \cdot RB \qquad (8)$$

Como:

$$IE \equiv IC, \qquad e \qquad IB = \frac{IC}{hFE}$$

Reemplazando:

$$V - VBE = IC \cdot RE + \frac{IC}{hFE} \cdot RE =$$

$$V - VBE = IC \cdot \left(RE + \frac{RB}{hFE} \right)$$

Operando matemáticamente:

$$IC = \frac{V - VBE}{RE + \frac{RB}{hFE}} \qquad (9)$$

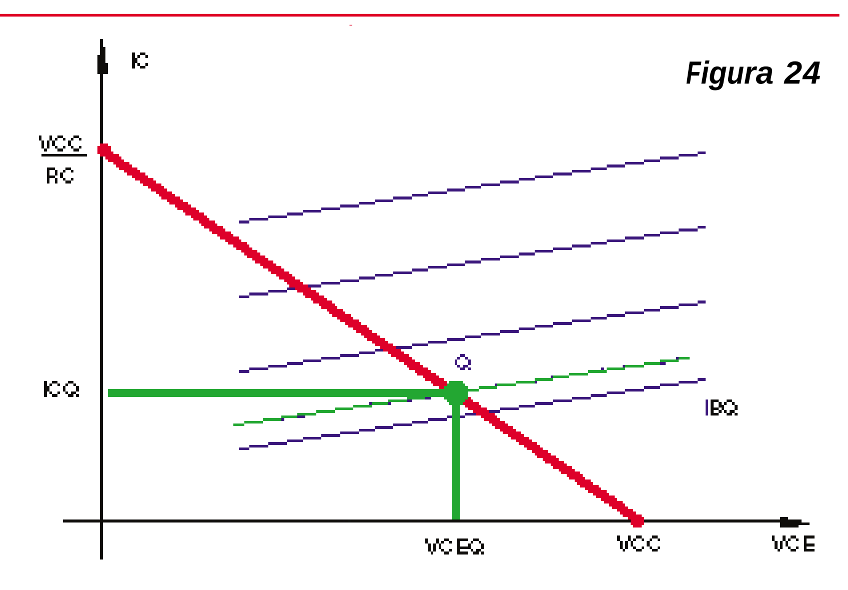


Figura 24

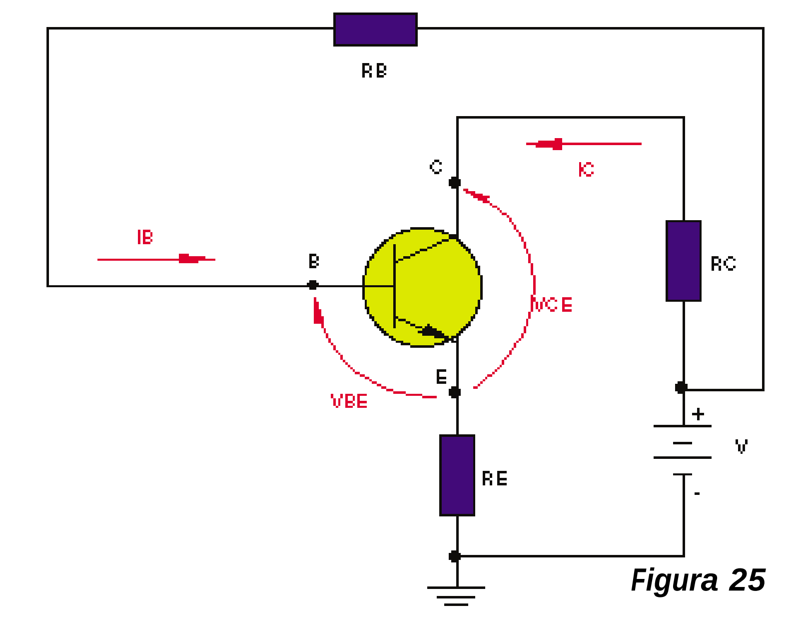


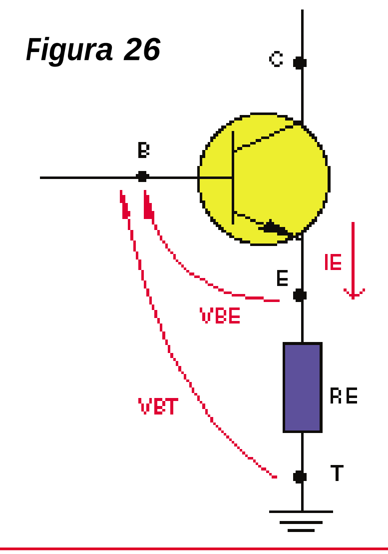
Figura 25

Analizando las tensiones del circuito planteado en la figura 26 se tiene que:

$$VBT = VBE + IE \cdot RE \approx VBE + IC \cdot RE$$

La tensión VBT debería permanecer “constante”; cosa que, ya sea por dispersión de los parámetros del transistor o por los elementos del circuito, no siempre se cumple. Por tal motivo, este circuito no es muy recomendado cuando se desea armar un amplificador de señal. Veamos entonces el circuito de la figura 27.
Este circuito se denomina de polarización por divisor resistivo. De la malla II o malla de salida; surge que:

Figura 26



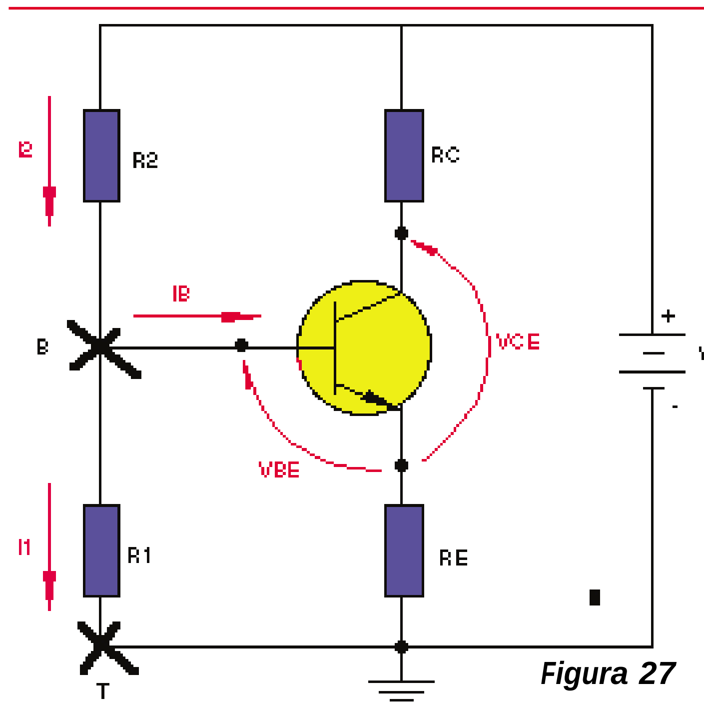


Figura 27

V - VCE = IC . RC + IE . RE

Como:

IE ≈ IC

Entonces:

V - VCE = IC . RC + IC . RE

Despejando, tenemos:

VCE = V - IC . (RC + RE) (10)

Para analizar la malla de entrada aplicamos el teorema de Thevenin (que estudiaremos en futuras lecciones, razón por la cual, sólo daremos el resultado de la aplicación del mismo) entre base y tierra.

Como la corriente I2 será por lo menos diez veces mayor que la corriente IB, será I2 = I1; entonces, en una buena aproximación, la corriente IB = 0 (para este cálculo). Luego:

$$VBT = V \cdot \frac{R1}{R1 + R2} \quad y$$

RBT =R1 . R2 / (R1 +R2)

Figura 28

El comportamiento eléctrico de este circuito es igual que el del sistema original, donde tanto VBT como RBT no son elementos reales. Luego:

$$IC = \frac{VBT - VBE}{RE}$$

Si logramos que VBT sea constante, el punto de reposo Q, dado por las expresiones anteriores, se mantendrá inalterable, con lo cual tendremos una configuración en la cual el punto de reposo no variará frente al cambio de otros parámetros, incluso cambiará muy poco a la hora de reemplazar el transistor (figura 28).

LOS REGULADORES DE TENSIÓN

Introducción

Los circuitos integrados de la serie 78XX son reguladores proyectados para tensiones de salidas fijas y positivas. Lo que muchos no saben, es que las aplicaciones de estos componentes no se limitan solamente a esta fina-

lidad y en este capítulo presentamos una serie de circuitos que usan estos CIs y mostramos varias ideas prácticas importantes.
Toda fuente de alimentación está formada por etapas y las principales son: transformación, rectificación, filtrado y regulación.
La etapa de regulación, posee diversas configuraciones, dependiendo de cada aplicación. Entre estas configuraciones tenemos las que hacen uso de los integrados reguladores de tensión, con salida fija en tensión negativa o positiva.
La familia 78XX consiste en CIs reguladores positivos, mientras que la serie 79XX trabaja con valores de tensiones negativas en su salida.
La tabla I muestra los valores de tensión mínima y máxima de entrada para los CIs de la serie 78XX. El valor de tensión regulada está dado por los dos últimos números.

Figura 29

Recordamos que los elementos de esta familia poseen protección interna contra sobrecalentamiento y sobrecargas, además de no necesitar componentes adicionales para realizar el regulado. En la figura 29, se presenta el diagrama de bloques de un circuito integrado regulador de tensión que consiste en:

- Elemento de referencia: que proporciona una tensión de referencia estable conocida.
- Elemento de interpretación de tensión: que muestra el nivel de tensión de salida.
- Elemento comparador: que compara la referencia y el nivel de salida para generar una señal de error.
- Elemento de control: que puede utilizar esta señal de error para generar una transformación de la tensión de entrada y producir la salida deseada.

Agregando algunos componentes externos, podemos alterar esa configuración interna del CI, y así aumentar sus aplicaciones. Observe entonces:

Tabla I

CI	Tensión(V) de entrada	
Regulador	Mínima	Máxima
7805	7	25
7806	8	25
7808	10	25
7810	12	28
7812	14	30
7815	17	30
7818	20	33
7824	26	38

Regulador de Tensión Patrón

La aplicación más usada en circuitos utilizando CIs 78XX es la de la figura 30. La tensión de salida depende del circuito integrado utilizado y la corriente máxima para cualquier CI de esa serie es de 1A. El capacitor C1, filtra la tensión del rectificador, mientras que el capacitor C2, desacopla la alimentación.

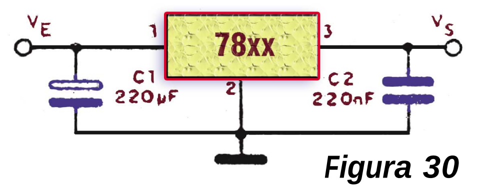


Figura 30

Regulador Fijo con Mayor Tensión de Salida

En caso de que el lector desee montar una fuente de 12V, pero en su banco de trabajo sólo existan CI 7805...

¿qué puede hacer?
Sencillo: basta colocar un elemento que provoque una caída de tensión, como muestra la figura 31.

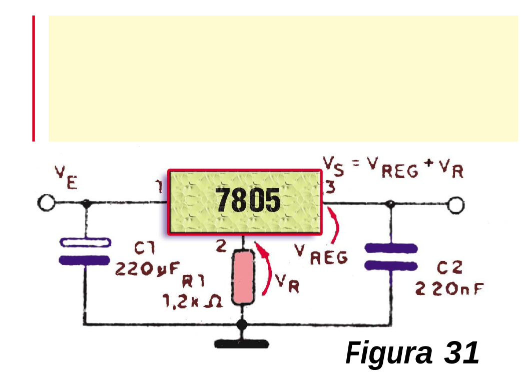


Figura 31

Los circuitos integrados de la serie 78XX son reguladores proyectados para tensiones de salidas fijas y positivas.

Lo que muchos no saben, es que las aplicaciones de los reguladores integrados no se limitan solamente a esta finalidad y en este capítulo presentamos una serie de circuitos que usan estos CIs y mostramos varias ideas prácticas importantes.

De esta forma, la tensión de salida será la suma de la tensión regulada por el CI (Vreg) más la caída del componente.
El valor del resistor está calculado por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Vs - Vreg}{5}$$

Donde:
Vs = tensión de salida deseada
Vreg = tensión de salida del regulador
R = resistor en kΩ

Para el ejemplo dado, el valor obtenido para R fue de 1,4kΩ. El valor comercial más cercano es el de 1,2kΩ.
En caso de que la corriente consumida sobrepase los 500mA es conveniente colocar el CI en un disipador de calor adecuado.

Aumentando la Tensión de Salida con Zener

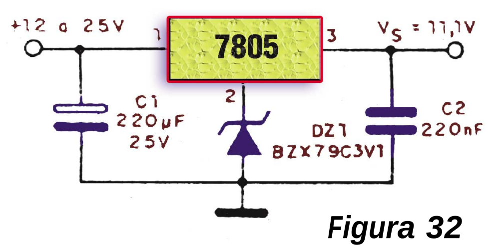


Figura 32

En caso de que el resistor sea sustituido por un diodo zener, la tensión de salida aumentará de acuerdo con la tensión del mismo (figura 32).
Este mismo razonamiento se aplica con diodos rectificadores comunes, según muestra la figura 33.
Por el hecho de que la tensión de entrada excede el límite soportado, el circuito no es a prueba de cortos.

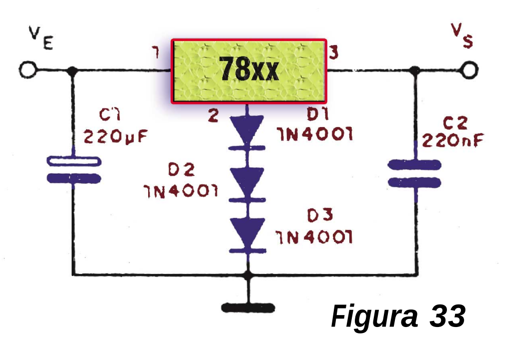


Figura 33

Tensión de Salida Ajustable con CI Regulador Fijo

En la figura 34, tenemos un circuito de comportamiento superior en lo que atañe a regulación. Observe que la configuración es la misma que la de la figura 31, con el agregado de un potenciómetro. De esta forma podemos variar la tensión de salida, desde la tensión de regulación del CI (Vreg) hasta el valor máximo, dado por la fórmula:

$$Vs = Vreg + \frac{Vreg \cdot P1}{R1 + P1} + Iq \cdot P1$$

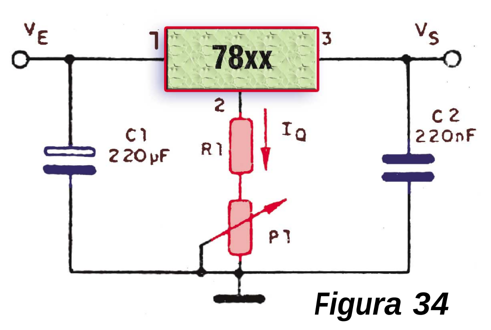


Figura 34

Donde: R1 < Vreg / 3.Iq

Vreg = tensión de salida del regulador
R1 y P1 = resistor y potenciómetro en ohm.
Iq = corriente en reposo.

El parámetro Iq es denominado corriente en reposo de operación, y generalmente, está en la banda de los 3mA a los 10mA.
La misma es la corriente que fluye de la entrada hacia el terminal común del CI y varía para cada regulador (normalmente se torna 5mA).

Fuente de Corriente Fija

Hay casos en que necesitamos una corriente constante, como un cargador de baterías, por ejemplo. Sabemos que el CI posee una tensión constante de salida (Vreg). Si agregamos un resistor tendremos una corriente siempre fija en la salida (figura 35). Para la fuente de corriente del ejemplo dado, la fórmula para calcular el valor de Is es:

$$Is = \frac{Vreg}{R} + Iq$$

Para el CI 7805, el manual indica una corriente de reposo de 4,2mA.

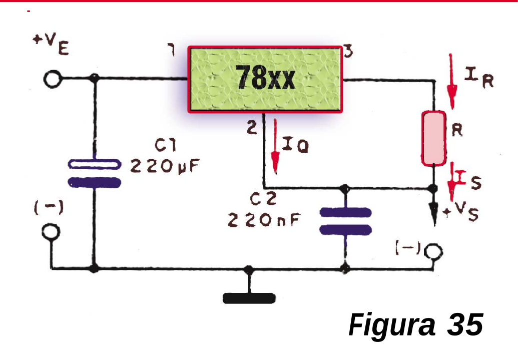


Figura 35

Fuente de Corriente Ajustable

En caso de que sea necesaria una corriente ajustable en la salida, utilice el circuito de la figura 36. La corriente de salida máxima y mínima se calcula por la fórmula:

$$Ismáx = \frac{Vreg}{(R+P)} + Iq$$

$$Ismín = \frac{Vreg}{R} + Iq$$

El control del ajuste de corriente se hace por el potenciómetro, cuyo valor se calcula en función de la banda de valores de corriente.

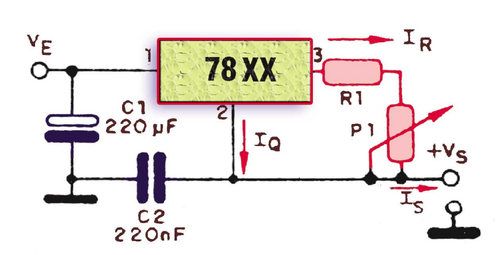


Figura 36

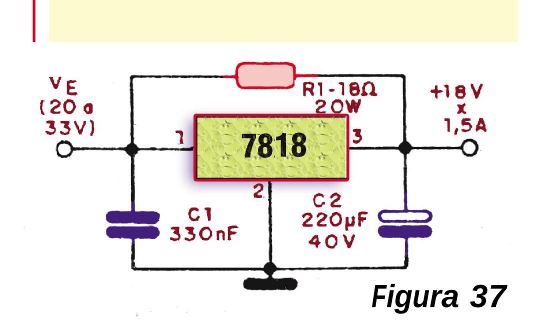


Figura 37

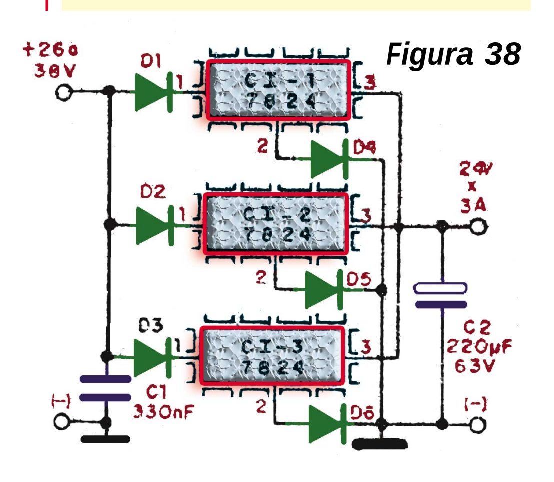
Cómo Aumentar la Corriente de Salida

La manera más simple de ampliar la capacidad de corriente de salida de un CI78XX es la de la figura 37. En el ejemplo utilizamos el CI7818, pero la idea sirve para todos. El resistor de potencia en paralelo como el CI, auxilia en la conducción de corriente. Recordamos que los capacitores C1 y C2 filtran y desacoplan la alimentación, respectivamente.

Reguladores 78XX en Paralelo

Otra sugerencia muy interesante aparece en la figura 38. Por el hecho de que los CIs están en paralelo, tenemos la corriente dividida y con esto una mayor provisión de corriente del sistema. Los diodos D1, D2 y D3 aíslan las entradas de los reguladores, mientras D4, D5 y D6 provocan la caída de tensión para compensar la de entrada.

Figura 38



D1 A D6 = 1N4001

Aconsejamos el uso de, como máximo, cinco CIs en esta configuración para evitar inestabilidades en el circuito. La capacidad de corriente para este ejemplo es de 3A.

Regulador de Tensión Fijo de 7A

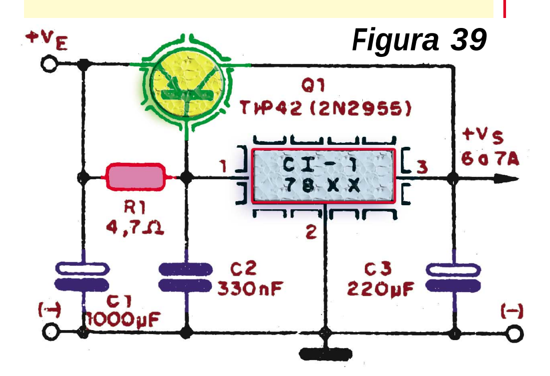


Figura 39

Con auxilio de un transistor de potencia, podemos aumentar todavía más la capacidad de corriente de salida de un CI de esta serie (figura 39).

Así, para la corriente de hasta 4A sugerimos el uso de un transistor TIP 42. Para corrientes superiores (hasta 7A), el transistor empleado debe ser el MJ2955 o el 2N2955. La tensión de salida está fijada por el CI, y los transistores deben ser colocados en disipadores de calor apropiados para el volumen de corriente deseado. Como aplicación recomendamos el uso en fuentes de alimentación para amplificadores de automóviles, en cuyo caso el CI debe ser el 7812.

Regulador de 7A con Protección contra Cortos

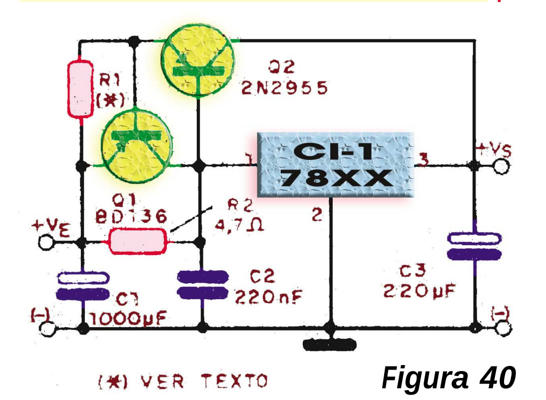


Figura 40

En los circuitos propuestos, en caso de que hubiera un cortocircuito en la salida, ciertamente el CI y el transistor (si se lo hubiera utilizado) se quemarían.

La figura 40 ilustra un circuito que impide que esto ocurra. En funcionamiento normal, Q2 proporciona la corriente de salida, juntamente con el CI.

El resistor R1 es el sensor de corriente de cortocircuito y es calculado por la fórmula:

$$R1 = \frac{0,7}{Icc}$$



Donde:

R1 = resistor en ohm

Icc = corriente de cortocircuito en amperes

0,7 = corresponde a la tensión base-emisor del transistor Q1 utilizado.

Para calcular el valor de R1, basta sustituir el valor máximo de corriente del circuito.

Figura 41

Regulador Ajustable Utilizando CIs 7805 y 741

Hay aplicaciones en que necesitamos una mejor regulación en la salida.

La figura 41 muestra un ejemplo de regulador con tensión de salida ajustable desde 7V hasta 20V.

Para este caso la tensión de salida es siempre regulada de un valor mayor que 2V de la tensión de regulación del CI hasta un valor máximo dado por la tensión de entrada del CI.

Por ejemplo, si en lugar del 7805, hubiéramos utilizado el 7815, tendríamos una variación entre 17V a 20V o más, dependiente del valor de la tensión de entrada.
Recordamos que el CI7824 no puede ser utilizado en esa configuración, porque el 741 podría quemarse, ya que estaríamos trabajando con más de 25V.

La familia 78XX consiste en CIs reguladores positivos, mientras que la serie 79XX trabaja con valores de tensiones negativas en su salida.

Fuente de Tensión Simétrica Utilizando CI 78XX

Observe que en la figura 42, usamos nuevamente el 741 que en este caso actúa como un divisor de tensión, juntamente con los resistores R1 y R2. A pesar de que los reguladores trabajan con tensiones positivas, creamos una referencia negativa con el amplificador operacional y así obtenemos tensiones positivas y negativas en relación a tierra.
La diferencia entre la tensión de salida positiva y negativa depende de la tensión de off-set del 741, con valores típicos entre 1mV y 5mV.
Los capacitores C1, C2, C3 y C4 filtran la corriente alterna que pudiera existir y C5 hace un acoplamiento entre la entrada inversora (pin 2) y la salida de CI-3 (pin 6).
Cualquier regulador puede ser usado, con excepción del 7824, debido a los límites de tensión del amplificador operacional. Finalizando, solamente para tener una idea, cada uno de estos circuitos integrados está compuesto internamente por 2 capacitores cerámicos, 3 diodos zéner, 26 resistores de polarización y nada menos que 24 transistores.

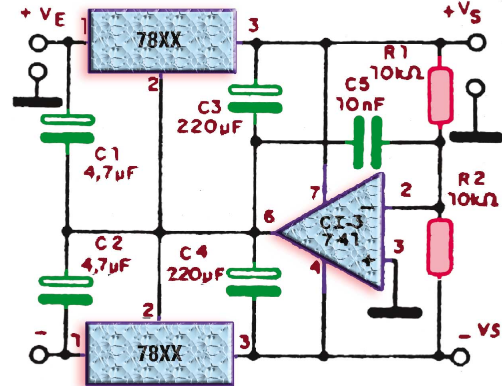


Figura 42

Los reguladores de tensión integrados están compuestos internamente por 2 capacitores cerámicos, 3 diodos zéner, 26 resistores de polarización y nada menos que 24 transistores.

CONTENIDO DEL CD Nº 4

La obra está dirigida a todo el público en general interesado en aprender electrónica básica y saber cómo se manejan los instrumentos (multímetro, osciloscopio, generador de funciones, inyector de señales, analizador dinámico, fuente de alimentación, etc.) pero sobre todo está orientado a estudiantes, aficionados y docentes, dado que cada tema se explica desde el comienzo, presumiendo que el lector no posee conocimientos previos de la especialidad. La Enciclopedia se complementa con CDs (éste es uno de ellos) y bibliografía adicional a la que puede acceder por Internet dirigiéndose a:

www.webelectronica.com.ar

Debe hacer click en el ícono PASSWORD y luego ingresar las claves que se dan en los CDs. El contenido del CD que acompaña a este tomo es el siguiente:

a) Un Archivo LEAME: Indispensable leer de comienzo a fin de explorar el CD con éxito

Con este tomo de la Enciclopedia de Electrónica Básica, se entrega un CD que posee la siguiente información:

a) Un Archivo LEAME: Indispensable leer de comienzo a fin de explorar el CD con éxito
b) Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER
c) Video Presentación
d) Enciclopedia Visual Parte 4
e) Curso de Electrónica con Prácticas Parte 4
f) Video: Manejo del Osciloscopio, parte 2
g) Historia de la Electricidad y la Electrónica
h) 30 Diagramas Completos de Equipos Electrónicos
j) Utilitarios para Reparación de PC
k) Curso de Técnicas Digitales

b) Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER
c) Video Presentación
d) Enciclopedia Visual Parte 4
e) Curso de Electrónica con Prácticas Parte 4
f) Video: Manejo del Osciloscopio, parte 2
g) Historia de la Electricidad y la Electrónica
h) 30 Diagramas Completos de Equipos Electrónicos
j) Utilitarios para Reparación de PC
k) Curso de Técnicas Digitales

Muchos archivos están comprimidos, siendo necesario el WINZIP. Si no lo posee puede ejecutarlo desde la opción PROGRAMAS del menú de este CD.

Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER

Estos programas son indispensables para explorar el CD, ver los archivos de texto que contiene y visualizar los videos. Si no están instalados en su PC hágalo cuando el CD se lo pregunte.

Video Presentación

En este video el Ing. Horacio Vallejo, realizador de la obra, lo guía paso a paso para que pueda explorar el CD de la forma más rápida y efectiva. Le sugerimos ver este video para obtener el mayor provecho posible.

Enciclopedia Visual Parte 4

Se dan los fascículos 13 a 16 de la ENCICLOPEDIA VISUAL DE LA ELECTRONICA, obra complementaria que enseña con mayor profundidad los conceptos vertidos en cada tomo escrito de la obra.

Curso de Electrónica con Prácticas, Módulo 4

Este Curso de Electrónica es el primer sistema de enseñanza a distancia con seguimiento personal a través de Internet. El curso se compone de 14 lecciones, 5 series de prácticas y 6 evaluaciones. Los exámenes son la parte del curso (quizá la más tediosa para muchos) en la que el alumno deberá responder y si lo desea, enviar a las direcciones que se mencionan en el CD para su corrección. Sin embargo, Ud. posee la respuesta a cada examen en Internet. En cualquier momento puede realizar consultas por medio de los formularios que hemos habilitado en Internet para tal fin.
Cabe aclarar que en este CD se encuentran las lecciones 9 y 10, la Práctica número 4 y el examen 5. En lo sucesivo se continuará con este curso.

Video “Manejo del Osciloscopio II”

Este es un video de unos 15 minutos de duración que muestra como se maneja el osciloscopio y de qué manera se miden componentes. Es continuación del video mostrado en el CD Nº 2 de esta obra.

Historia de la Electricidad y la Electrónica

Material indispensable para estudiantes y docentes de materias básicas de la carrera de electrónica. Muestra cuáles fueron los eventos que a lo largo de la historia marcaron épocas. Posee un resumen de las experiencias realizadas por las personalidades más importantes del sector.
Las leyes fundamentales y los experimentos que llevaron a la electrónica de hoy son parte de este compendio de electrónica básica.

30 Diagramas de Equipos Electrónicos

Diagramas eléctricos de equipos electrónicos en formato pdf que se pueden imprimir en tamaño gigante. El listado de planos incluídos en este CD es el siguiente:

Audio AIWA-CSD-ES227
Audio AIWA-LCX-350-352-358
Audio AIWA-LM-99
Audio PHILIPS SA-CH84M
Audio PANASONIC SA-CH84M
Camcorder SAMSUNG VPA12578
Camcorder SAMSUNG VPA17
Monitor BELINEA104065
Monitor SANYO CLT-75/CLT-85
Teléfono PANASONIC T7020
Teléfono KX-TC1025
Teléfono SANYO CLT-76
Teléfono SANYO CLT-75/CLT-85
Teléfono SONY SPP-111
TV AIWA-VX-G142
TV DAEWO CP-330
TV GOLDSTARr CF20A40
TV PANASONIC-TC-2150R
TV SAMSUNG CK5073Z,5073T
TV SHARP CV2121S1 CV2121G1
TV SONY-KV-PF21P40
TV TEC3781- 5592
Video AIWA E-DK911/MK2
Video LG R-500AW
Video SAMSUNG SV 410F
Video SAMSUNG SV 210F
Video SONY SLV-E830VC2
Video SONY SLV-830NP
Audio SAMSUNG MAX-345
Audio SONY CFS/B5LMK2

Utilitarios

Gran cantidad de utilitarios para probar y optimizar computadoras. Lea el archivo apropiado para saber cómo emplearlos.

Curso de Técnicas Digitales

Curso Completo de Circuitos Digitales, complemento del Curso de Técnicas Digitales dado en el CD 1, al que se accede digitando la clave **aiwa15** en la página de Contenidos Especiales de nuestra web: **www.webelectronica.com.ar** ✪

Audio AIWA-CSD-ES227
Audio AIWA-LCX-350-352-358
Audio AIWA-LM-99
Audio PHILIPS SA-CH84M
Audio PANASONIC SA-CH84M
Camcorder SAMSUNG VPA12578
Camcorder SAMSUNG VPA17
Monitor BELINEA104065
Monitor SANYO CLT-75/CLT-85
TeléfonoPANASONIC T7020
Teléfono KX-TC1025
Teléfono SANYO CLT-76
Teléfono SANYO CLT-75/CLT-85
Teléfono SONY SPP-111
TV AIWA-VX-G142
TV DAEWO CP-330
TV GOLDSTARr CF20A40
TV PANASONIC-TC-2150R
TV SAMSUNG CK5073Z,5073T
TV SHARP CV2121S1 CV2121G1
TV SONY-KV-PF21P40
TV TEC3781- 5592
Video AIWA E-DK911/MK2
Video LG R-500AW
Video SAMSUNG SV 410F
Video SAMSUNG SV 210F
Video SONY SLV-E830VC2
Video SONY SLV-830NP
Audio SAMSUNG MAX-345
Audio SONY CFS/B5LMK2



Símbolos Electrónicos
Fundamentos de la Electrónica
Cálculos en Circuitos Electrónicos
Modelos Equivalentes
Thevenin y Norton

Enciclopedia Visual:
Tomos 17 a 20

Curso de Electrónica con Prácticas y Evaluaciones:
Quinto Módulo

Video: Mediciones con el Multímetro 3

Manuales Didácticos:
Fundamentos de la Electrónica - Modulación en AM
Modulación en FM - Transmisión de TV

Programas y Utilitarios Varios

Laboratorio Electrónico LiveWire DEMO

Contenido del CD

AUDIO, TV, VIDEO

Precio en: Argentina: $8,90
México $20 M.N.
Venezuela: $10,000.00
Colombia: $14,000.00
Otros Países: U$S6

TEORIA Y PRACTICA

9 789871 116119 00005
ISBN: 987-1116-10-1



PRESENTA

ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA

TOMO 5

Coordinado por: Ing. Horacio D. Vallejo

Sobre Bibliografía de Editorial Quark y
Curso de Electrónica Básica en Internet, Autor: Andrés Aranzabal Olea, Director de proyecto: Carmelo Alonso González, e-mail de contacto: jtpalgoc@sb.ehu.es
CURSO COMPLETO EN: http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/default.htm

Editado por:
EDITORIAL QUARK S.R.L.
Herrera 761/63 (1295) Buenos Aires, Argentina
Tel./fax: (0054-11) 4301-8804

Director: Horacio D. Vallejo

Impresión: New Press Grupo Impresor S.A., Bs. As., Argentina - diciembre 2003.

Distribución en Argentina: Capital: Distribuidora Cancellaro e Hijo SH, Gutenberg 3258, Buenos Aires - Interior: Distribuidora Bertrán S.A.C., Av. Vélez Sarsfield 1950, Buenos Aires
Distribución en Uruguay: Rodesol, Ciudadela 1416, Montevideo.
Distribución en México: Saber Internacional SA de CV, Cda. Moctezuma Nº 2, Esq. Av. de los Maestros, Col. Santa Agueda, Ecatepec de Morelos, Ed. México, México, (0155) 5787-8140 5839-5277
Distribución en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Paraguay, Chile y Centroamérica: Solicitar dirección del distribuidor al (005411)4301-8804 o por Internet a:

www.webelectronica.com.ar

(Los compradores de esta edición tienen acceso a información adicional con el password: encic5)

ISBN Obra Completa: 987-1116-10-1

Prólogo

La "Enciclopedia de Electrónica Básica", es una obra de 6 tomos acompañada de CDs MULTIMEDIA y bibliografía adicional que se puede bajar gratuitamente desde Internet con las claves dadas en diferentes párrafos de cada tomo y de los CDs.

La Enciclopedia tiene como objeto mostrar las bases, leyes y postulados de la electricidad y la electrónica además de introducir al lector en esta disciplina que abarca varias ramas ya sea en la electrónica analógica como en la digital.

Esta enciclopedia posee temas que se desarrollan también en el CD "Enciclopedia Visual de la Electrónica" y en "Teoría Servicio y Montajes". Esto es así porque los postulados de la electrónica son siempre los mismos y empleamos igual bibliografía para cada caso. Sin embargo, en la medida que avanza la obra, notará que la que está leyendo en estos momentos está dirigida a que Ud. "aprenda" electrónica mientras que "Teoría, Servicio y Montajes" está orientada a los técnicos reparadores. Por otra parte, en los CDs de esta Enciclopedia encontrará abundante material práctico que no posee la "Enciclopedia Visual". Por lo dicho, aclaramos que son tres productos creados con diferentes objetivos aunque algunos de los temas tratados sean los mismos.

INDICE

SÍMBOLOS ELECTRONICOS

A los efectos de encarar el análisis de un circuito electrónico, es preciso que el lector conozca perfectamente a los componentes y su desempeño.

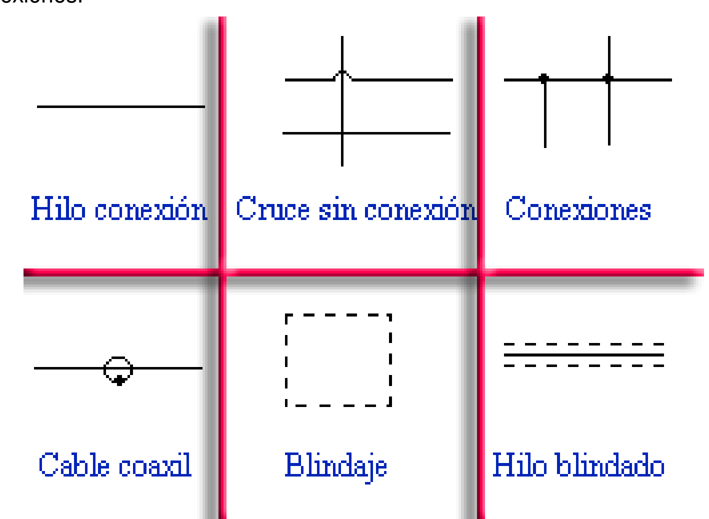
Para "identificar" a un componente dentro de un circuito, se emplean "símbolos" normalizados reconocidos mundialmente.

Si bien existen dos normas internacionales para identificar a los componentes electrónicos, es fácil "leer" un circuito.

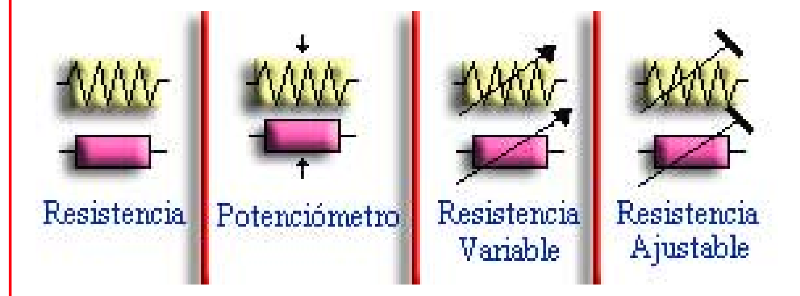
Se debe tener en cuenta que no existen normas estrictas que hagan referencia a cómo se debe presentar un circuito en un plano, pero el proyectista debe seguir determinadas reglas básicas para que lo que él dibuje pueda ser interpretado por cualquier técnico.

Introducción

Luego de haber estudiado a los principales elementos, tanto pasivos como activos y habiendo analizado las principales leyes de la electrónica, en este capítulo detallaremos los elementos y definiciones necesarias para el análisis y la síntesis de circuitos tanto analógicos como digitales.
Veremos los símbolos utilizados para los distintos elementos que formarán parte de un circuito electrónico. Si bien existen dos normas bien definidas (Americana y Europea), para poder representar gráficamente cualquier diseño electrónico, la mayoría de los elementos poseen aplicación y simbología universal, de forma tal que sea reconocible por las personas que deban trabajar con él.
Exponemos a continuación la forma de representación de los cables y conexiones:

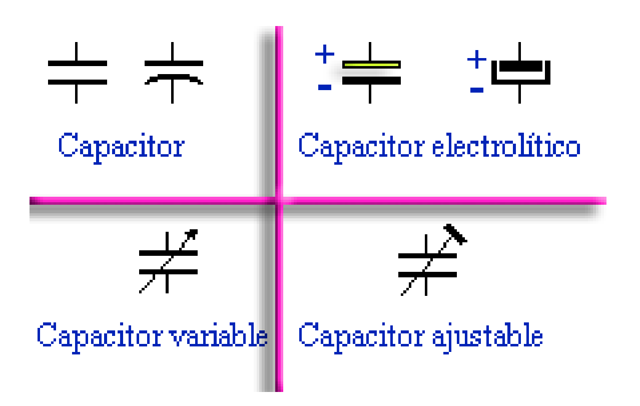


Para representar gráficamente a las resistencias se emplean dos símbolos. Junto al símbolo se suele indicar el valor (en Ohm) y la disipación de potencia máxima.

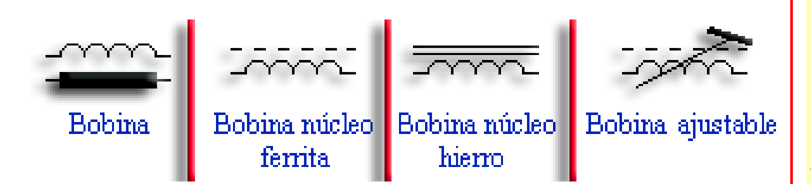


A los capacitores también se los suele representar con dos símbolos diferentes, según se trate de tipos con polarización fija (electrolíticos) o sin ella (cerámicos, poliéster, etc.). En el primer caso se indicará la polaridad en el

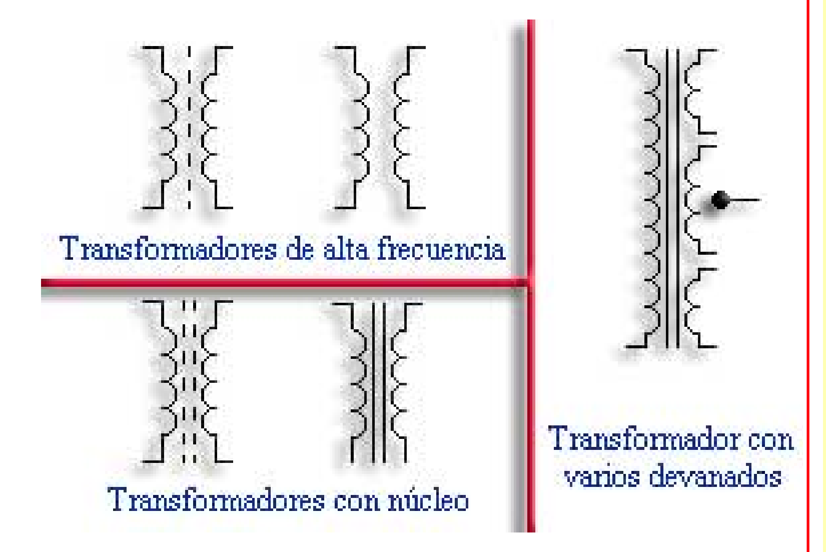
símbolo. Además se anotará, junto al componente, el valor de la capacidad, así como la tensión máxima de trabajo.



Las bobinas o inductancias pueden ser de valor fijo o variable, con núcleo o sin él y casi siempre se suele colocar el valor en Henry.



Para simbolizar a los transformadores existen varias representaciones según el núcleo sea de hierro, ferrita o aire. El primario se dibuja generalmente a la izquierda mientras que el o los secundarios a la derecha.



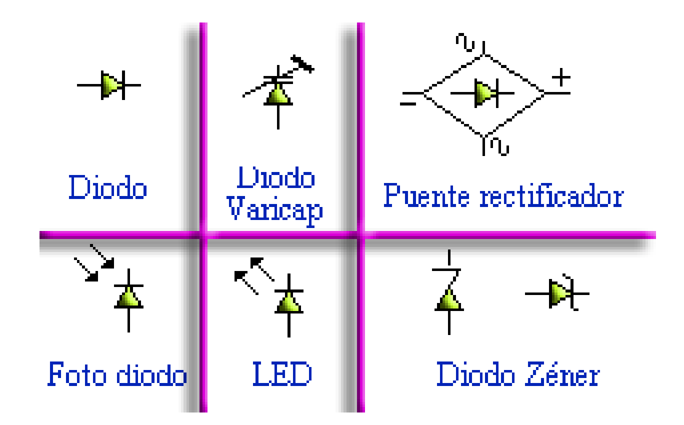
Con respecto a los semiconductores, los diodos poseen un símbolo básico que representa al componente de juntura, luego añadiendo un cierto com-

Los símbolos que presentamos en esta obra son los más empleados pero es posible que el técnico se encuentre con otras representaciones que irá aprendiendo con la práctica.

Es muy común colocar el valor del componente, cuando se trata de un elemento pasivo (30Ω para una resistencia, por ejemplo) y la matrícula o código de identificación para un semiconductor (por ejemplo BC548, que identifica a un transistor).

El cruce de cables sin que exista conexión entre ellos es una de las situaciones más incómodas, tanto para el proyectista como para el que debe interpretar un plano. En la actualidad no se suele emplear un semicírculo en el cruce de cables y sí un punto cuando hay conexión.

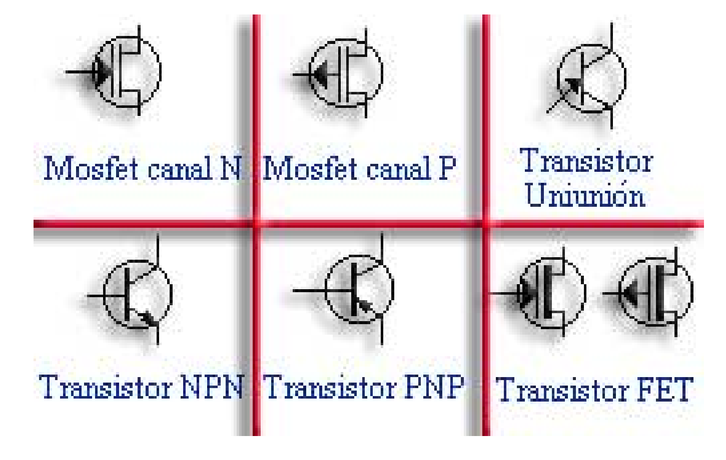
plemento gráfico, se representan los diferentes modelos que existen de este componente (Led, varicap, zener, etc.). Al lado del símbolo se puede escribir la matrícula o el código que identifica al elemento (1N4148 por ejemplo).



Normalmente, el símbolo que describe a los distintos tipos de diodos es prácticamente el mismo, se parte de una representación básica y luego algún elemento que identifique al componente, así para simbolizar un Led, a la representación básica se le agregan dos flechitas que salen del cuerpo del diodo.

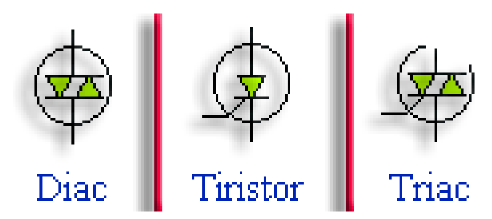
Los transistores son representados con diferentes símbolos según las diferentes familias (bipolares, FET, MOSFET). La flecha que siempre existe en uno de sus tres terminales indica el sentido de circulación de la corriente (inversa a la corriente de electrones) a través del mismo, identificando así los tipos NPN y PNP y FET o MOSFET de canal N o P. Al lado del símbolo se puede colocar la matrícula.

Todos los transistores, ya sean unijuntura, bipolares, de efecto de campo, etc. poseen en uno de sus terminales una flecha que simboliza el sentido convencional de la corriente eléctrica.



El símbolo de un transistor NPN es igual al de un PNP pero con la flecha invertida. La flecha "apunta" a un material "N".

Los semiconductores "de disparo" poseen dos símbolos según se traten de elementos con una puerta o dos. El triac presenta una única simbolización al ser un elemento no polarizado.



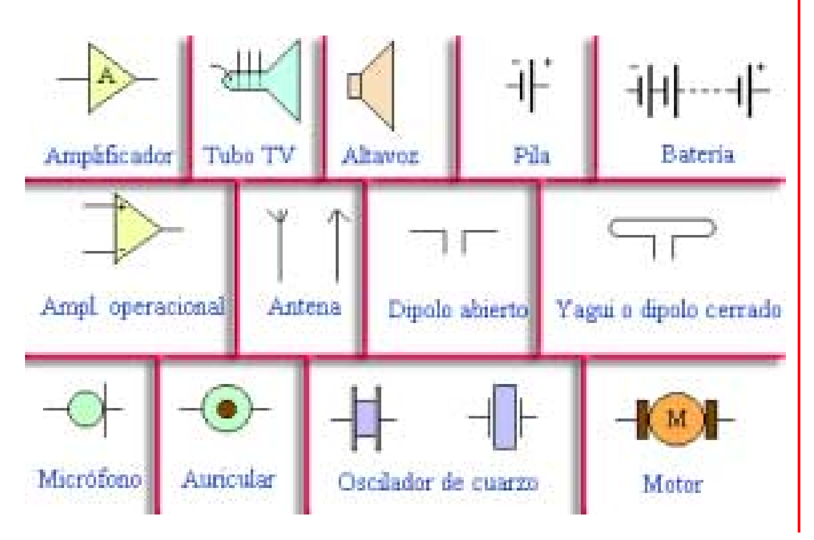
Los interruptores, conmutadores, llaves rotativas, etc. son otros de los componentes empleados en la construcción de circuitos electrónicos y se representan de la siguiente manera:
En el relé se dibuja la posición de reposo del mismo (normal abierto o normal cerrado).



Es muy común hablar de "tierra" o "masa" para representar un punto común asociado generalmente al polo negativo de la tensión de alimentación, este elemento suele tener diferentes representaciones.



En realidad, son muchísimos los símbolos empleados para la construcción de una representación eléctrica o electrónica, compuertas, integrados lineales, parlantes, celdas solares, instrumentos o conectores son sólo algunos ejemplos de los elementos que nos faltan representar y que no son objeto de esta obra, sin embargo, a continuación brindamos algunos ejemplos con que se podrá encontrar. Destacamos el empleo de las fuentes de alimentación DC (pila y batería), de parlantes (también llamados altavoces o bocinas), de motores, antenas, tubo de TV, micrófono, auricular y amplificador operacional.



Los técnicos están acostumbrados a escuchar el término "tierra caliente" empleado para simbolizar que el chasis está conectado a un polo de la red eléctrica (cuando es alimentado el circuito) y sobre el que se debe tener especial cuidado para no sufrir choques molestos (y hasta mortales).

Los relés son componentes que poseen inumerables representaciones gráficas, sin embargo, en todos los casos hay una bobina y un dibujo que representa el juego de contactos.

Para representar circuitos integrados digitales (compuertas, multiplexores, decodificadores, conversores, flip-flops, etc), precisaríamos una obra aparte, es por eso que no se los trata en este texto.

SÍNTESIS DE CONCEPTOS SOBRE ELECTRÓNICA

En los primeros tomos de esta enciclopedia se han podido estudiar los fundamentos de la electrónica, es por eso que ahora podemos "resumir" los parámetros y conceptos necesarios para realizar el análisis de circuitos electrónicos.

Introducción

Para el correcto conocimiento de la electrónica es necesario saber algunas leyes y teoremas fundamentales como la Ley de Ohm, las Leyes de Kirchhoff, y otros teoremas de circuitos. Estos temas fueron tratados en los primeros tomos de la enciclopedia, pero ha llegado el momento de brindar una exposición visual que grafique su importancia.

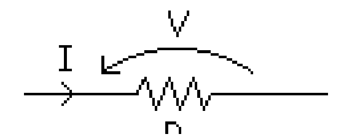
Ley de Ohm

Cuando una resistencia es atravesada por una corriente se cumple que:

V = I.R

* Donde V es la tensión que se mide en voltios (V).
* Donde I es la intensidad de la corriente que atraviesa la resistencia, y que se mide en Amperios (A).
* Donde R es la resistencia que se mide en Ohm (Ω).

Quizá, la ley fundamental de la electrónica es la de "Ohm", que establece que la corriente por un circuito es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia que "ve" el generador de tensión.



Leyes de Kirchhoff

Ley de Kirchhoff de tensiones

La suma de las caídas de tensiones de todos los componentes de una malla cerrada debe ser igual a cero.

$$\sum V = 0$$

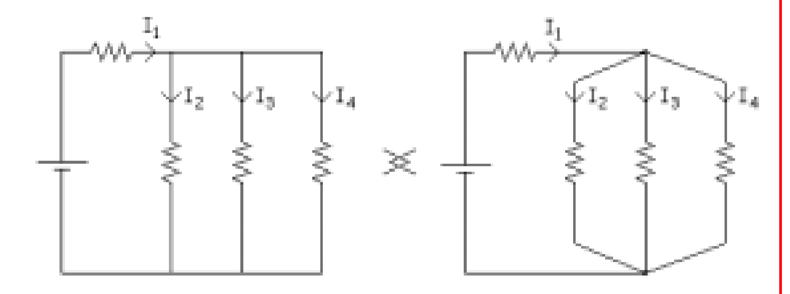
La potencia de un circuito eléctrico es "una medida" de la energía puesta en juego, se mide en watt (W) y es el producto de la tensión aplicada a un elemento y la corriente que lo atravieza.

V2 + V3 + V4 - V1 = 0

Ley de Kirchhoff de corrientes

La suma de corrientes entrantes en un nodo es igual a la suma de corrientes salientes del nodo.

$$\sum I_{ENTRANTES} = \sum I_{SALIENTES}$$



I1 = I2 + I3 + I4

Resistencias

Resistencias en serie

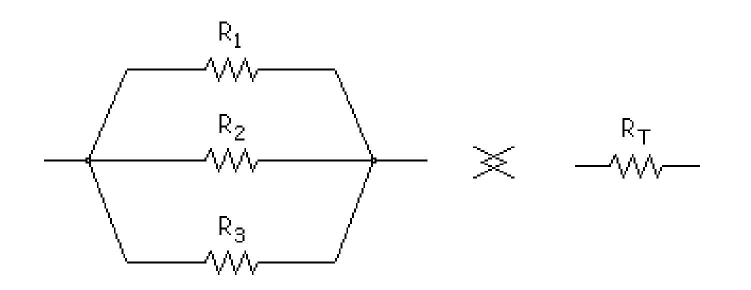
Dos o más resistencias en serie (que les atraviesa la misma intensidad) es equivalente a una única resistencia cuyo valor es igual a la suma de las resistencias.

R_1 R_2 R_T

RT = R1 + R2

Resistencias en paralelo

Cuando tenemos dos o más resistencias en paralelo (que soportan la misma tensión), pueden ser sustituidas por una resistencia equivalente, como se ve en el dibujo:



El valor de esa resistencia equivalente (RT) lo conseguimos mediante esta expresión:

Para la resolución de circuitos (saber cuáles son las corrientes que circulan por cada rama y las tensiones aplicadas entre distintos puntos) es común valerse de las leyes de Kirchhoff.

La ley de Kirchhoff de corrientes dice que la suma de las corrientes entrantes a un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de él.

La ley de Kirchhoff de tensiones establece que en una malla o circuito cerrado, la suma de las tensiones aplicadas es igual a la suma de las caidas de tensión.

Cuando tengo dos o más resistencias en serie, la resistencia total es igual a la suma de cada una de ellas.

Cuando tengo dos o más resistencias en paralelo, la resistencia total es menor que la menor de ellas.

Cuando tengo dos o más inductancias en serie, la inductancia total es igual a la suma de cada una de ellas.

Cuando tengo dos o más inductancias en paralelo, la inductancia total es menor que la menor de ellas.

Cuando tengo dos o más capacitores en serie, la capacidad total es menor que la menor de ellas.

Cuando tengo dos o más capacitores en paralelo, la capacidad total es igual a la suma de las capacidades de cada condensador.

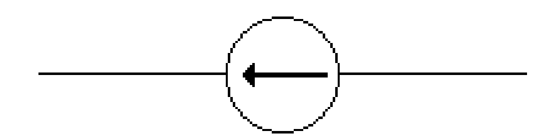
$$\frac{1}{R_T} = \sum \frac{1}{R_i}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

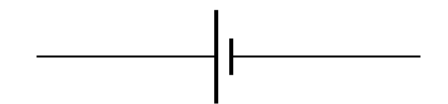
Generadores

Generadores de continua

Pueden ser tanto fuentes de corriente como de tensión, y su utilidad es suministrar corriente o tensión, respectivamente de forma continua.
A continuación damos el símbolo de un generador de corriente continua:

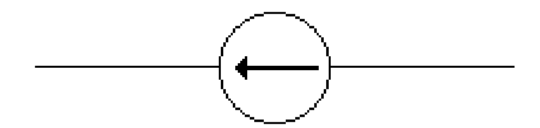


El símbolo de un generador de tensión continua (pila) es el siguiente:

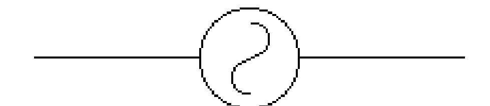


Generadores de alterna

Pueden ser tanto fuentes de corriente como de tensión, y su utilidad es suministrar corrientes o tensiones, respectivamente de forma alterna (por ejemplo: de forma senoidal, de forma triangular, de forma cuadrada, etc....).
El símbolo de un generador de corriente alterna es:



Y el de un generador de tensión alterna:

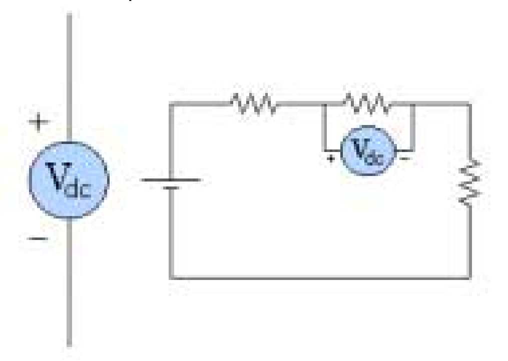


Aparatos de Medición

Voltímetro

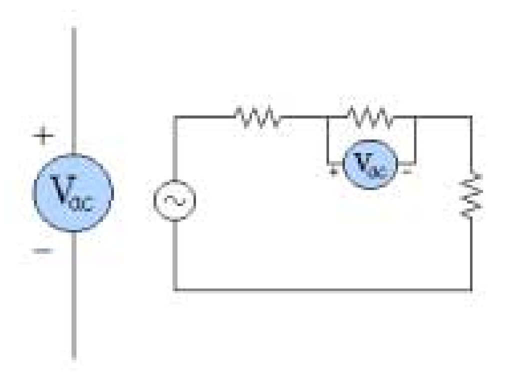
Aparato que mide tensiones eficaces tanto en continua como en alterna, y su colocación es de forma obligatoria en "paralelo" al componente sobre el cual se quiere medir su tensión.

En el circuito de la figura que damos a continuación se puede ver que el voltímetro se conecta en "paralelo".



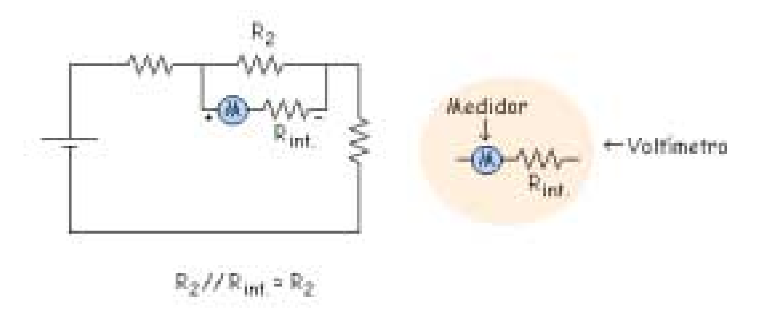
dc = direct current (corriente directa, corriente de contínua)

Lo mismo ocurre con un voltímetro que mide tensión de corriente alterna, pero el símbolo del aparato es diferente:



ac = altern current (corriente alterna)

Errores al medir con voltímetros
Al medir con un voltímetro se comete un pequeño error porque dentro del voltímetro hay un resistencia interna (Rint.), que debe tener un valor muy grande (se debería aproximar a infinito aunque en la realidad esto no se cumple).



Amperímetro
Es un aparato que mide el valor medio de la corriente, y su colocación es de forma obligatoria en "serie" con el componente del cual se quiere saber la corriente que le atraviesa.

Para poder "saber" si un circuito funciona bien o para entender el funcionamiento de un aparato, es preciso realizar mediciones.

Para hacer mediciones en un circuito se emplean "instrumentos electrónicos".

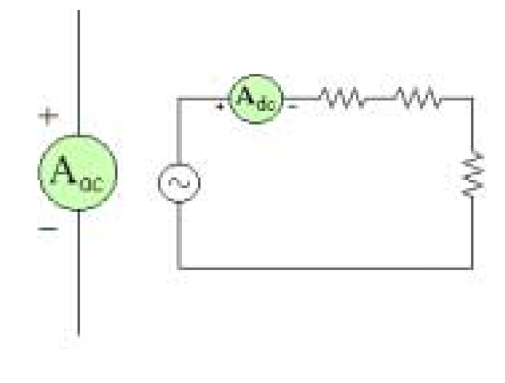
Los aparatos de medición más comunes son: voltímetro, amperímetro y óhmetro.

Cabe aclarar que cuando se deben hacer mediciones es preciso saber si la corriente que circula es continua o alterna.

El símbolo de un amperímetro de continua y su conexión es la siguiente:

Los voltímetros se conectan en paralelo, es decir, "deben mirar" la diferencia de tensión entre dos puntos.

En cuanto al amperímetro de alterna, se tiene el siguiente símbolo y conexión en un circuito.

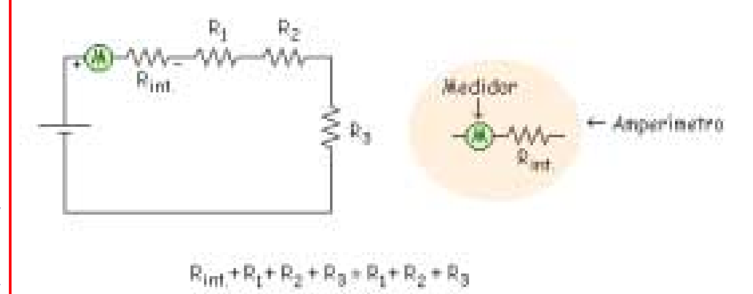


Los amperímetros se conectan en serie con el elemento, es decir, "deben saber" cuál es la corriente que está pasando por ese lugar.

Un voltímetro ideal debería tener una resistencia eléctrica infinita, para saber si un voltímetro es bueno, tenemos que mirar el valor de su resistencia interna, dato que nos brinda el fabricante del instrumento.

Errores al medir con amperímetros

Como ocurre con el voltímetro, al medir con el amperímetro se comete un error debido a una resistencia interna (Rint.) de valor muy pequeño (se suele aproximar a cero).

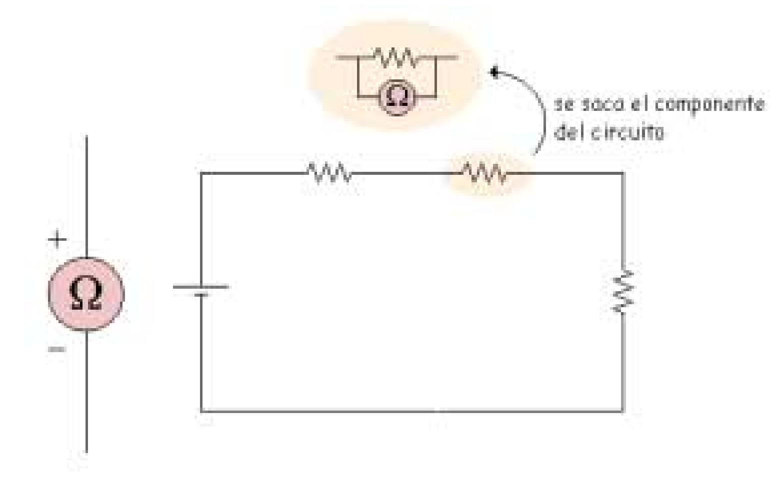


Un amperímetro ideal debería tener una resistencia eléctrica igual a cero, para saber si un amperímetro es bueno, tenemos que mirar el valor de su resistencia interna, dato que nos brinda el fabricante del instrumento.

Óhmetro

Es un instrumento que mide el valor de las resistencias, y que de forma obligatoria hay que colocar en paralelo al componente, estando éste separado del circuito (sin que le atraviese ninguna intensidad). La unidad de resistencia eléctrica es el Ohm (Ω).

En la siguiente figura podemos ver la predisposición de un circuito para medir resistencias con el óhmetro:

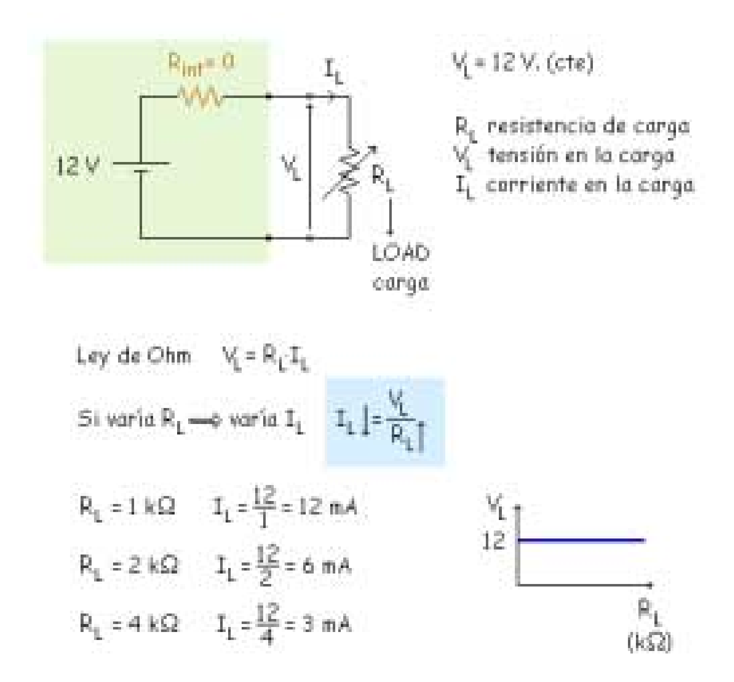


Errores al medir con óhmetros
Como se ha visto anteriormente, todo aparato de medición comete un error que a veces se suele despreciar, con los óhmetros ocurre lo mismo, aunque se desprecie ese error hay que tener en cuenta que se suele hacer una pequeña aproximación.

Fuentes de Tensión

Los circuitos electrónicos deben poseer para su funcionamiento adecuado, al menos una fuente de energía eléctrica, que debe ser una fuente de tensión o de corriente.

Fuente de tensión ideal
Produce una tensión de salida constante, es una fuente de tensión con resistencia interna cero. Toda la tensión se aplica a la carga RL.



Un óhmetro mide resistencias. En realidad, un óhmetro no es más que un amperímetro en serie con una fuente de tensión, luego, según sea el valor de la resistencia a medir, será el valor de la corriente que circulará.

Si tenemos un óhmetro analógico (con aguja), la escala es inversa a la del amperímetro, lo que significa que a una corriente igual a cero le corresponderá una resistencia infinita.

Para poder medir resistencias de diferentes valores, al instrumento se le colocan en forma interna “resistencias” multiplicadoras de escala. En los instrumentos digitales modernos, ésto puede realizarse en forma automática.

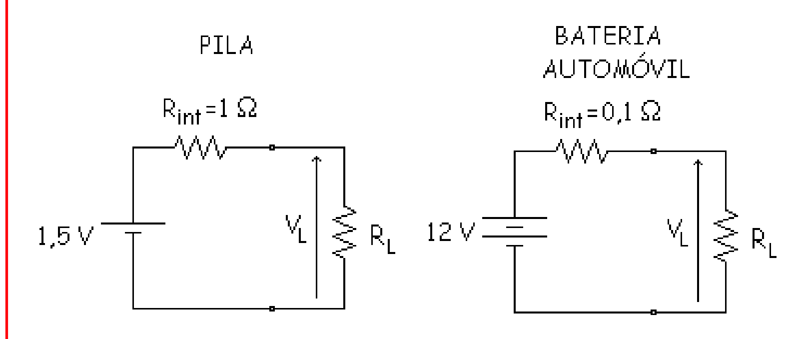
Sabemos que al hacer una medición, jamás estaremos midiendo el valor real dado que los instrumentos no son ideales y siempre se comete algún error, aunque sea mínimo.

El lector debe tener en cuenta que asi como no hay instrumentos ideales, tampoco hay fuentes de tensión sin resistencia interna, lo cual hace que no toda la tensión generada se aplique a la carga.

Se puede decir que un voltímetro se aproxima al ideal cuando su resistencia interna es 100 veces mayor que la resistencia existente entre los dos puntos donde se va a realizar la medición.

Fuente de tensión real

Una fuente "real" posee resistencia interna, algunos ejemplos de fuentes de tensión reales son:

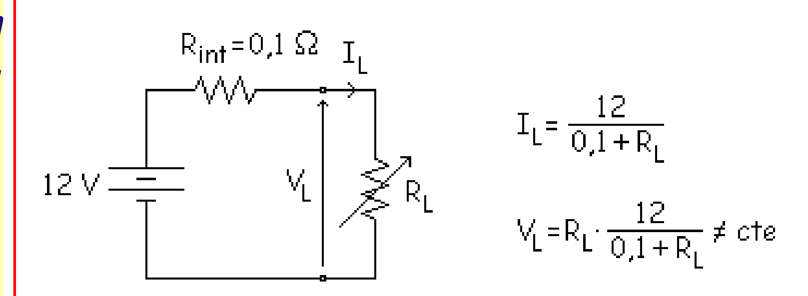


FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE LABORATORIO

$R_{int} = 0{,}01\ \Omega$

10 V — V_L — R_L

Dicho de otra forma, son las fuentes de tensión que tenemos en la realidad, como ya hemos dicho no existe una fuente ideal de tensión, ninguna fuente real de tensión puede producir una corriente infinita, ya que en toda fuente real tiene cierta resistencia interna.



$$I_L = \frac{12}{0{,}1 + R_L}$$

$$V_L = R_L \cdot \frac{12}{0{,}1 + R_L} \neq cte$$

Veamos qué ocurre en 2 casos, en primer lugar analicemos el caso en que RL = 10Ω.

$R_L = 10\ k\Omega \quad I_L = \frac{12}{0{,}1 + 10} = 11{,}88\ A \quad V_L = 10 \cdot 11{,}88 = 11{,}88\ V$

potencia perdida

0,1 Ω

0,12 V

1 %

tensión perdida

12 V

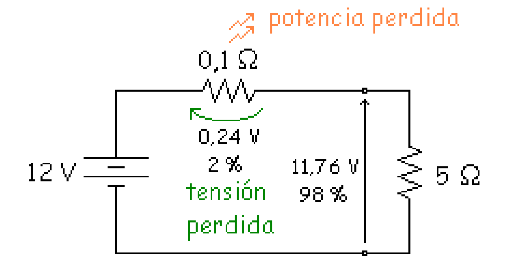
11,88 V

99 %

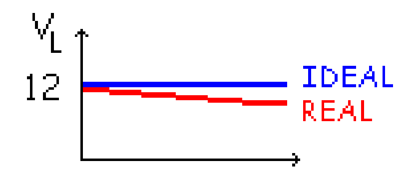
10 Ω

Esta figura nos permite observar que casi toda la tensión cae en la carga y muy poca en la resistencia interna del generador.

$R_L = 5\ \Omega$ $\quad I_L = \frac{12}{0,1+5} = 2,353\ A$ $\quad V_L = 5 \cdot 2,353 = 11,76\ V$



Como puede apreciar, ahora que la RL es menor, la tensión entre sus bornes también cae, pues la resistencia interna del generador adquiere “mayor peso”.



Fuente de tensión (aproximadamente) constante

Para que una fuente de tensión sea considerada como una *"fuente de tensión constante",* se tiene que cumplir que la resistencia interna de la fuente (Rint) no esté, esto es que sea despreciable. Para que despreciemos la Rint se tiene que cumplir:

$$R_L \geq 99\, R_{int} \approx R_L \geq 100\, R_{int} \quad \text{ó} \quad R_{int} \leq \frac{R_L}{100}$$

Solo se pierde el 1% en el peor caso, por lo tanto se está aproximando a la fuente de tensión ideal.

Si $R_L \geq 100\ \Omega$ ⟹ Fuente de tensión constante

Veamos qué ocurre en 2 valores diferentes de RL.

$R_L = 100\ \Omega$: $\quad V_L = 100 \cdot \frac{10}{1+100} = 9,90\ V$

$R_L = 200\ \Omega$: $\quad V_L = 200 \cdot \frac{10}{1+200} = 9,95\ V$

Se puede decir que un amperímetro se aproxima al ideal cuando su resistencia interna es 100 veces menor que la resistencia del circuito.

**** Fuente de tensión ideal es la que tiene una Rint. = 0 y produce en la salida una VL = cte.***

**** Fuente de tensión real es la que tiene una determinada Rint. En esta Rint. hay una pérdida de tensión. El resto de tensión va a la carga que es la que se aprovecha.***

**** Fuente de tensión constante es la que tiene una Rint. <= RL/100. La caída en la Rint. es como mucho el 1 %, aproximadamente a la ideal, que es el 0 %.***

Resumen

** Fuente de tensión ideal es la que tiene una Rint. = 0 y produce en la salida una VL = cte.*
** Fuente de tensión real es la que tiene una determinada Rint. En esta Rint. hay una pérdida de tensión. El resto de tensión va a la carga que es la que se aprovecha.*
** Fuente de tensión constante es la que tiene una Rint. <= RL/100. La caída en la Rint. es como mucho el 1 %, aproximadamente a la ideal, que es el 0 %.*

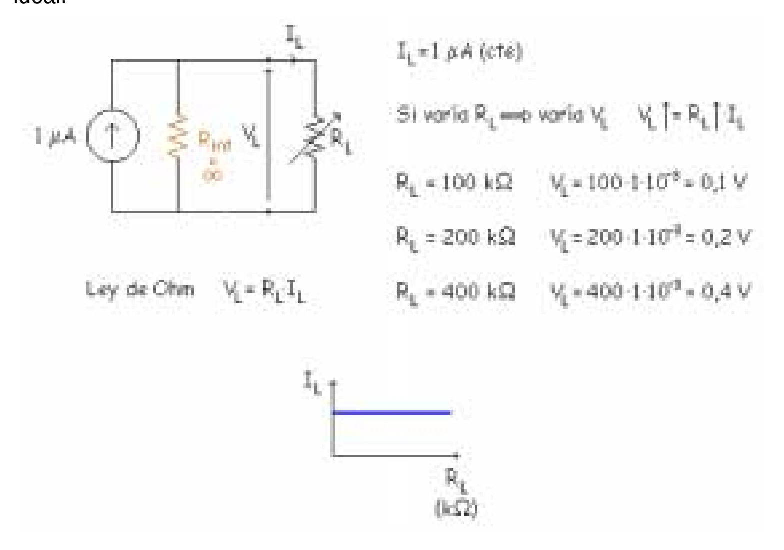
Si tenemos que comparar dos fuentes de tensión, la mejor será la que tenga una resistencia interna más pequeña (o sea la que más parecida a la ideal, que tiene una Rint. = 0Ω).

Fuentes de Corriente

En el caso anterior de la fuente de tensión había una resistencia interna muy pequeña, pero una fuente de corriente es diferente, tiene una resistencia interna muy grande, así una fuente de corriente produce una corriente de salida que no depende del valor de la resistencia de carga.

Fuente de corriente ideal

No existe, es algo "irreal" como en el anterior caso de la fuente de tensión ideal.



Fuente de corriente real

Son las fuentes que existen en la realidad.

1 μA, $I_{perdida}$, 10 MΩ = R_{int}, V_L, I_L, R_L, potencia perdida

$V_L = 1 \cdot (10 // R_L)$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{1 \cdot (10 // R_L)}{R_L} \neq cte$$

en carga $I_L < 1\ \mu A$

La corriente continua es aquella que mantiene su valor de tensión constante y sin cambio de polaridad, ejemplo de ella puede ser una batería de las que se utilizan en los automóviles o las pilas con las que alimentamos nuestros juguetes o calculadoras electrónicas. A este tipo de corriente se la conoce como C.C. o, según los autores de habla inglesa, D.C.

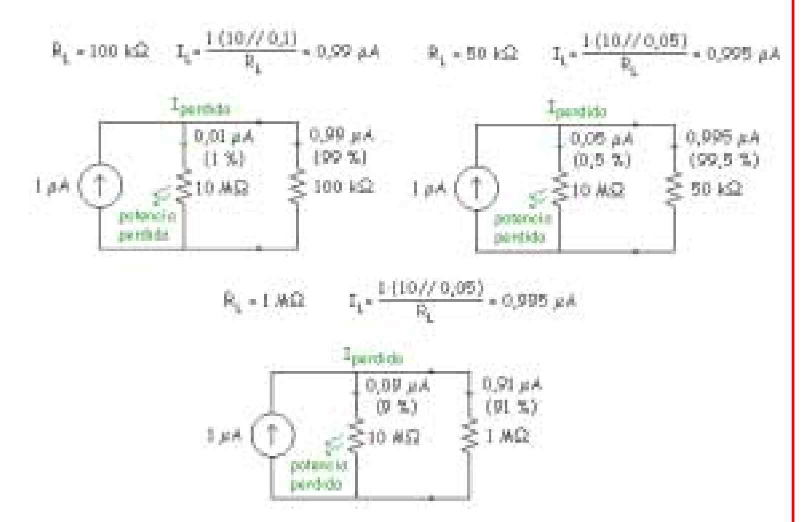
La corriente alterna también mantiene una diferencia de potencial constante, pero su polaridad varía con el tiempo. Se la suele denominar C.A. o A.C. en inglés.

Parámetros de la C.A.

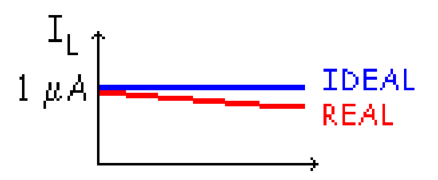
Frecuencia: Número de veces que una corriente alterna cambia de polaridad en 1 segundo. La unidad de medida es el Hertz (Hz) y se la designa con la letra F. De esta forma si en nuestro hogar tenemos una tensión de 220 V 50 Hz, significa que dicha tensión habrá de cambiar su polaridad 50 veces por segundo.

Una definición más rigurosa para la frecuencia: Número de ciclos completos de C.A. que ocurren en la unidad de tiempo.

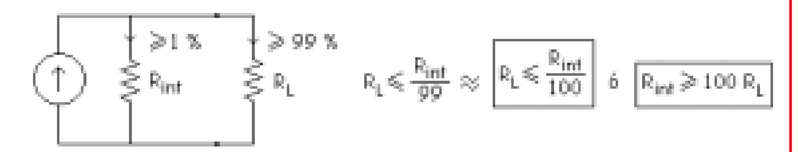
Veamos qué ocurre con los diferentes valores de RL.



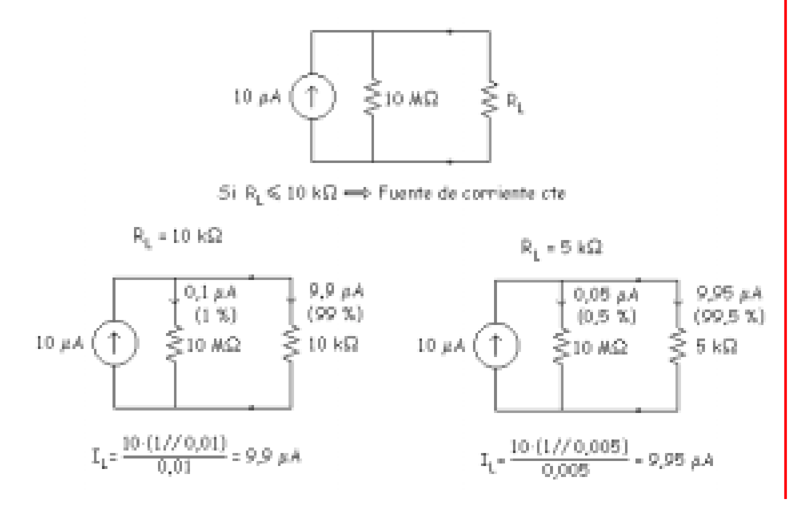
Con esto vemos que una fuente de corriente funciona mejor cuando su resistencia interna es muy alta, mientras que una fuente de tensión funciona mejor cuando su resistencia interna es muy baja. La intensidad de carga tiene esta forma:



Fuente de corriente (aproximadamente) constante



Solo se pierde el 1% de la corriente en el peor caso. Con esto nos aproximamos a la fuente de corriente ideal. Veamos qué ocurre para 2 valores diferentes de RL.



Más parámetros de la C.A.

Fase: ***Es la fracción de ciclo transcurrido desde el inicio del mismo, su símbolo es la letra griega θ.***

Período: ***Es el tiempo que tarda en producirse un ciclo de C.A. completo se denomina T. En nuestro ejemplo de una tensión de 220 V 50 Hz su período es de 20 mseg.***
La relación entre la frecuencia y el período es F=1/T

Valor instantáneo: ***Valor que toma la tensión en cada instante de tiempo.***

Valor máximo: ***Valor de la tensión en cada "cresta" o "valle" de la señal.***

Valor medio: ***Medida aritmética de todos los valores instantáneos de la señal en un período dado.***

En electrónica se utilizan infinidad de tipos de señales por lo cual se hace prácticamente imposible enumerarlas a todas.

Una de ellas es la pulsatoria, también llamada onda cuadrada.

Otra onda frecuentemente utilizada en electrónica es la onda triangular .

También está la onda diente de sierra.

Los componentes pasivos tienen distinto comportamiento cuando se les aplican dos corrientes de distinta naturaleza, una alterna y la otra continua.

Una resistencia siempre disipa potencia en forma de calor, sin importar cuál es la frecuencia de la corriente que la atravieza.

Resumen

** Fuente de corriente ideal es la que tiene una resistencia interna infinita y produce en la salida una corriente constante.*
** Fuente de corriente real es la que tiene una determinada Rint. En esta hay pérdida de corriente. El resto de la corriente va a la carga que es la que se aprovecha.*
** Fuente de corriente constante es la que tiene una Rint >= 100RL. La corriente que se pierde por la Rint es como mucho el 1 %, aproximadamente a la ideal, que es el 0 %.*

Si tenemos que comparar 2 fuentes de corriente, la mejor será la que tenga una resistencia interna más grande (o sea la más parecida a la ideal).

Fallas en Circuitos

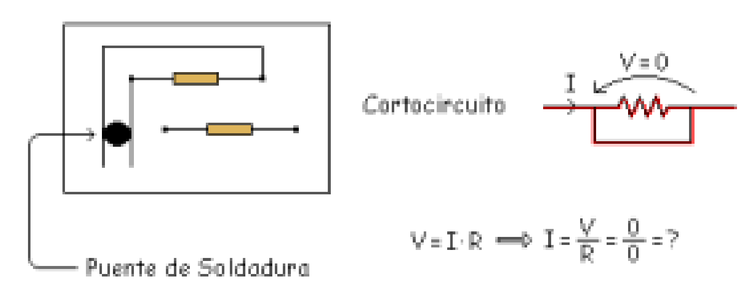
Se trata de descubrir por qué el circuito no funciona como debería. Los 2 tipos de averías más comunes son: dispositivo en cortocircuito y dispositivo en circuito abierto.

Cortocircuito

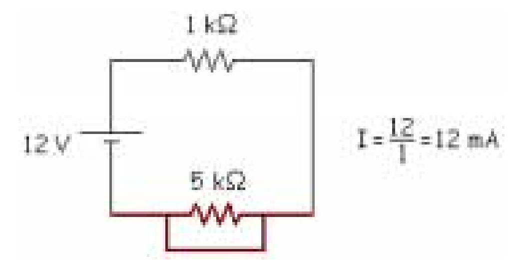
Sus características son:

** La tensión es cero en el dispositivo.*
** La corriente es desconocida.*

Una resistencia puede estar en cortocircuito si, por ejemplo, durante el horneado y soldadura de una tarjeta de circuito impreso, se cae una gota de soldadura y conecta 2 pistas cercanas, es un *"Puente de Soldadura"*, esto es, cortocircuitar un dispositivo entre 2 pistas.



Hay que mirar en el resto del circuito para calcular la I.

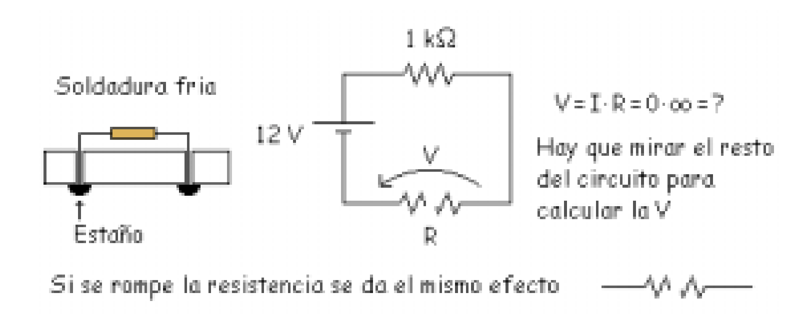


Circuito abierto

Se dan estas 2 características a saber:

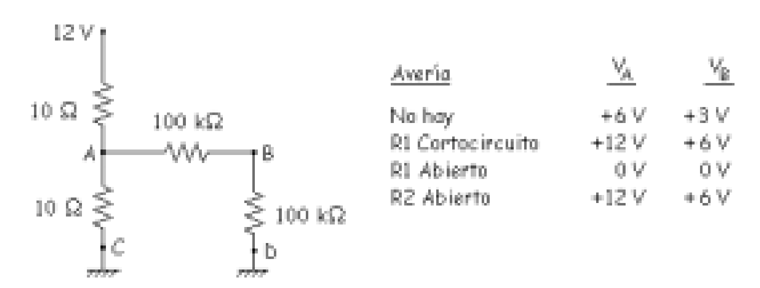
** La corriente es cero a través del dispositivo.*
** La tensión es desconocida.*

En circuitos impresos una mala soldadura significa la no conexión normalmente, esto es una *"Unión de Soldadura Fría"* y significa que el dispositivo está en circuito abierto.



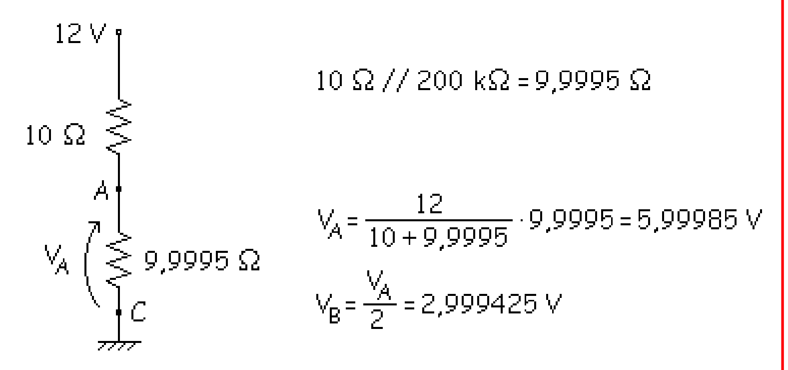
Las resistencias se convierten en circuitos abiertos cuando la potencia que disipan es excesiva.

Ejemplo:



Avería	V_A	V_B
No hay	+6 V	+3 V
R1 Cortocircuito	+12 V	+6 V
R1 Abierto	0 V	0 V
R2 Abierto	+12 V	+6 V

Primeramente no hay ninguna avería, hacemos el equivalente:



$$10\ \Omega\ //\ 200\ k\Omega = 9{,}9995\ \Omega$$

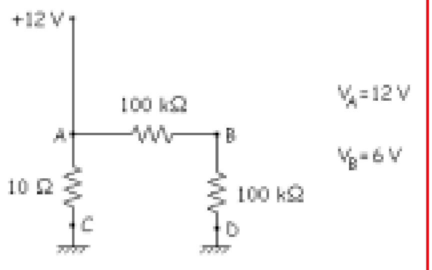
$$V_A = \frac{12}{10 + 9{,}9995} \cdot 9{,}9995 = 5{,}99985\ V$$

$$V_B = \frac{V_A}{2} = 2{,}999425\ V$$

La mitad de VA cae en la resistencia entre B y D de 100kΩ y la otra mitad en la resistencia entre A y B de 100kΩ.

Para detectar averías no hace falta hacer unos cálculos tan exactos, entonces tendríamos de forma aproximada VA = 6V y VB = 3V.

Supongamos ahora que R1 está en cortocircuito



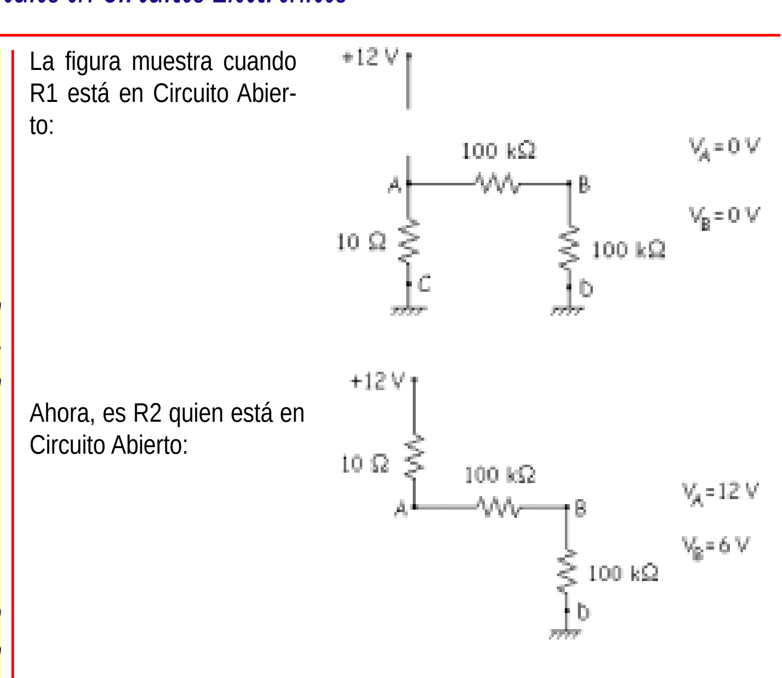
Un capacitor es un circuito abierto para una señal continua y su "reactancia" disminuye a medida que aumenta la frecuencia, hasta convertirse en un cortocircuito para frecuencias muy pero muy altas.

Una bobina se comporta como un "cable" para una corriente continua y su "reactancia" aumenta en la medida que crece la frecuencia de la corriente que la atravieza hasta convertirse en un circuito abierto para frecuencias muy altas.

En una resistencia la tensión y la corriente están en fase.

En una inductancia las señales tensión y corriente mantienen la misma forma de onda pero ya no están en fase sino que desfasadas 90º. La corriente atrasa 90º con respecto a la tensión.

La figura muestra cuando R1 está en Circuito Abierto:

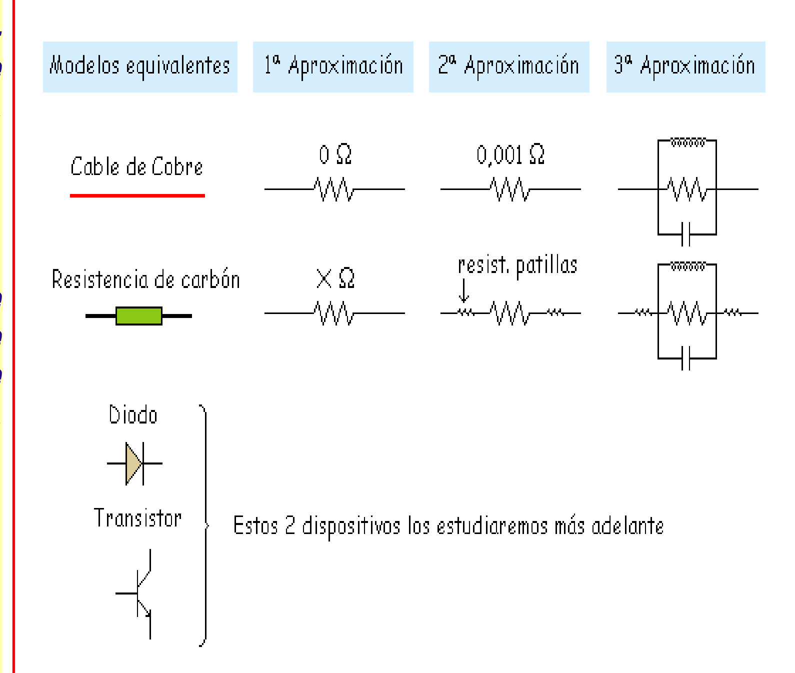


Ahora, es R2 quien está en Circuito Abierto:

CÁLCULOS EN CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Introducción

Para facilitar los cálculos se hacen aproximaciones, ya que hay ciertos valores que se pueden despreciar respecto a otros y que no influyen en gran medida en el resultado final, variándolo en un porcentaje muy pequeño respecto al resultado real. Las aproximaciones vistas hasta ahora son:



En un capacitor la corriente se adelanta 90º con respecto a la tensión, manteniendo la misma forma de onda que ésta.

El lector debe tener en cuenta que se denomina "impedancia" a la oposición que ofrece un elemento al paso de la corriente eléctrica.

La impedancia tiene una parte resistiva y otra reactiva.

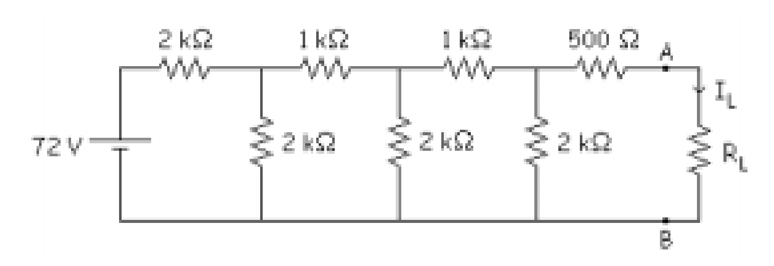
Una carga resistiva es aquella para la cual la tensión y la corriente están en fase.

Una carga reactiva es aquella que provoca un desfasaje de 90º entre la tensión aplicada y la corriente que circula.

Más adelante estudiaremos el diodo y el transistor y veremos que en estos 2 dispositivos también se usan 3 aproximaciones.

Aproximaciones por Teorema de Thevenin

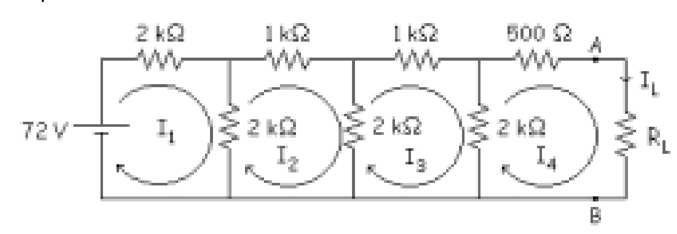
Vamos a dar dos teoremas (Thévenin y Norton) que nos van a servir para hacer más fácil (simplificar) la resolución de los circuitos.



Nota: Esta sección está destinada a “estudiantes de escuelas medias y universitarias”, dado que posee un contenido matemático necesario para poder efectuar los siguientes cálculos:

a) Calcular la IL cuando RL = 1,5kΩ
b) Calcular la IL cuando RL = 3kΩ
c) Calcular la IL cuando RL = 4,5kΩ

* Ley de Kirchhoff de tensiones: Sobre el circuito debemos establecer las correspondientes ecuaciones:



a)

$$\left.\begin{array}{l} -72+2I_1+2\cdot(I_1-I_2)=0 \\ 2\cdot(I_2-I_1)+1I_2+2\cdot(I_2-I_3)=0 \\ 2\cdot(I_2-I_3)+1I_3+2\cdot(I_3-I_4)=0 \\ 2\cdot(I_4-I_3)+0{,}5I_4+1{,}5I_4=0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} I_1= \\ I_2= \\ I_3= \\ I_4=I_L \end{array}$$

b)

$$\left.\begin{array}{l} -72+2I_1+2\cdot(I_1-I_2)=0 \\ 2\cdot(I_2-I_1)+1I_2+2\cdot(I_2-I_3)=0 \\ 2\cdot(I_2-I_3)+1I_3+2\cdot(I_3-I_4)=0 \\ 2\cdot(I_4-I_3)+0{,}5I_4+3I_4=0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} I_1= \\ I_2= \\ I_3= \\ I_4=I_L \end{array}$$

c)

$$\left.\begin{array}{l} -72+2I_1+2\cdot(I_1-I_2)=0 \\ 2\cdot(I_2-I_1)+1I_2+2\cdot(I_2-I_3)=0 \\ 2\cdot(I_2-I_3)+1I_3+2\cdot(I_3-I_4)=0 \\ 2\cdot(I_4-I_3)+0{,}5I_4+4{,}5I_4=0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} I_1= \\ I_2= \\ I_3= \\ I_4=I_L \end{array}$$

Una vez que el lector posee los conocimientos básicos de electrónica puede comenzar a “interpretar” los circuitos electrónicos.

Para poder “entender” cómo funciona un circuito, es preciso “saber” qué es un conductor, un semiconductor y un aislante.

En el tomo 4 de esta enciclopedia se desarrolla el tema “semiconductores” y es por ello que queda claro que un conductor es aquél que permite el paso de la corriente eléctrica, un aislante se opone a la corriente y un semiconductor a veces se opone y otras veces la deja pasar, según cómo esté polarizado dicho elemento.

Por ejemplo, un diodo es aislante cuando se lo polariza en inversa y es conductor cuando se lo polariza en sentido directo.

Un transistor se puede usar de muchas maneras: como amplificador, como interruptor, como adaptador de impedancias, etc. lo que significa que, según como esté polarizado, va a conducir o no a la corriente eléctrica, por eso es un semiconductor.

Otra cosa que debe saber el lector para poder interpretar circuitos es cómo obtener un "modelo equivalente".

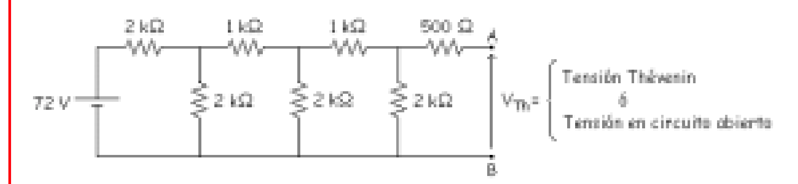
Un modelo equivalente es un circuito simplificado que se comporta igual que otro más complejo.

Para obtener "modelos simplificados" se utilizan los teoremas de Thevenin y Norton.

Para aplicar los teoremas de simplificación de circuitos es preciso tener conocimientos matemáticos, si Ud. no los posee pues deberá pasar "por alto" el tema de análisis de circuitos.

Ahora debemos encontrar el circuito equivalente, que denominamos "Equivalente Thevenin", para ello hacemos lo siguiente:

1. Quitar la carga RL del circuito original:

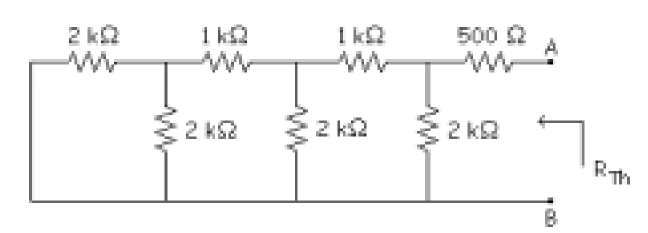


2. Mediante sistemas de cálculo, asignando mallas, calculamos el valor de la tensión del equivalente Thevenin VTh

$$\left.\begin{array}{l} -72+2I_1+2I_2=0 \\ 2I_2-2I_1+I_2+2I_2-2I_3=0 \\ 2I_3-2I_2+I_3+2I_3=0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} I_1= \\ I_2= \\ I_3= \end{array}$$

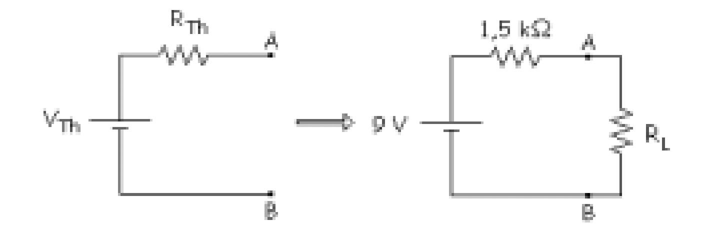
$$V_{Th}=2I_3$$

3. Luego cortocircuitamos las fuentes de tensión independientes y abrimos las fuentes de corriente independientes para calcular la "Resistencia Equivalente Thevenin".



$$R_{Th}=\{ [(2 // 2)-1] // 1 \} // 2+0,5 = 1,5\ k\Omega$$

4. Ahora se debe unir la carga al circuito equivalente conseguido.



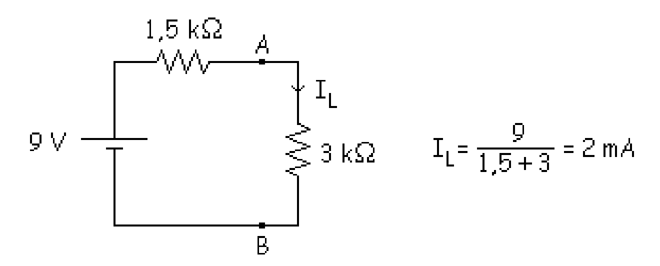
Y así obtenemos un circuito equivalente al que comenzamos a analizar. Aplicando Thévenin es mucho más fácil resolver circuitos.

Nuestro problema se reduce ahora a una fuente de 9V en serie con una resistencia de 1,5kΩ que se conecta a la carga. Para calcular la corriente que circula por la carga hacemos:

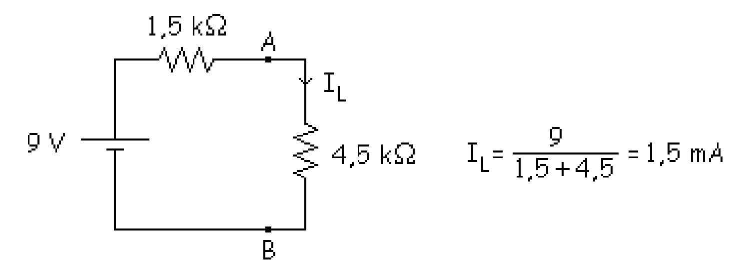
1,5 kΩ, A, I_L, 9 V, 1,5 kΩ, B

$$I_L=\frac{9}{1,5+1,5}=3\ mA$$

Si la carga fuera ahora de 3kΩ, sería fácil calcular la corriente:

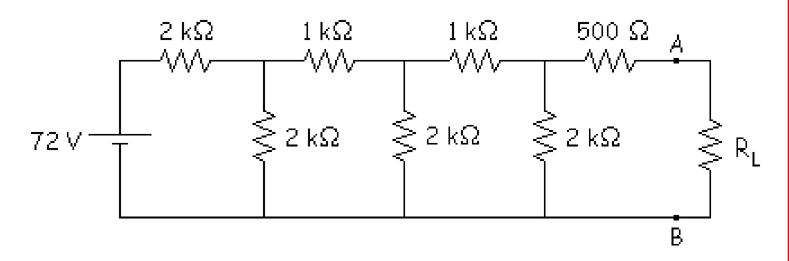


Y si volvemos a cambiar la carga y ahora es de 4k5, también podemos calcular la corriente con facilidad:



Aproximaciones por Teorema de Norton

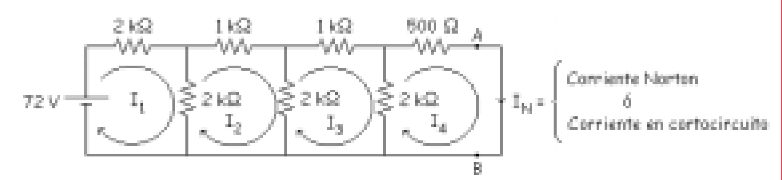
Este teorema está muy relacionado con el Teorema de Thevenin pero el circuito equivalente se reduce a un generador de corriente en paralelo con una resistencia. Resolveremos el problema anterior usando el teorema de Norton.



a) Calcular la IL cuando RL = 1,5 kΩ
b) Calcular la IL cuando RL = 3 kΩ
c) Calcular la IL cuando RL = 4,5 kΩ

De la misma manera que para la aplicación del Teorema de Thevenin, debemos establecer ecuaciones de resolución de circuitos.

1.Quitamos la carga RL y ponemos un cortocircuito, RL = 0 (antes dejábamos un circuito abierto).



2. En base a ese circuito, hacemos ecuaciones planteando "las condiciones de las mallas, para calcular la corriente I4:

CONTENIDO DEL CD Nº 5

Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER

Estos programas son indispensables para explorar el CD, ver los archivos de texto que contiene y visualizar los videos. Si no están instalados en su PC hágalo cuando el CD se lo pregunte.

Video Presentación

En este video el Ing. Horacio Vallejo, realizador de la obra, lo guía paso a paso para que pueda explorar el CD de la forma más rápida y efectiva. Le sugerimos ver este video para obtener el mayor provecho posible.

Enciclopedia Visual Parte 5

Se dan los fascículos 17 a 20 de la ENCICLOPEDIA VISUAL DE LA ELECTRONICA, obra complementaria que enseña con mayor profundidad los conceptos vertidos en cada tomo escrito de la obra.

Curso de Electrónica con Prácticas, Módulo 5

Este Curso de Electrónica es el primer sistema de enseñanza a distancia con seguimiento personal a través de Internet. El curso se compone de 14 lecciones, 5 series de prácticas y 6 evaluaciones. Los exámenes son la parte del curso (quizá la más tediosa para muchos) en la que el alumno deberá responder y si lo desea, enviar a las direcciones que se mencionan en el CD para su corrección. Sin embargo, Ud. posee la respuesta a cada examen en Internet. En cualquier momento puede realizar consultas por medio de los formularios que hemos habilitado en Internet para tal fin.
Cabe aclarar que en este CD se encuentran las lecciones 11 y 12 y la Práctica número 5. En el tomo 6 se culmina con este curso.



CONTENIDO DEL CD Nº 5

Video "Manejo del Multímetro 3"

Este es un video de unos 30 minutos de duración que muestra los siguientes temas:

El Multímetro como voltímetro de corriente continua
El Multímetro como voltímetro de corriente alterna
El multímetro com amperímetro de corriente continua
Medición de potenciómetro
Medición de capacitores
Como se mide la capacidad
Medición de bobinas, arrollamientos y fly back

Es continuación del video mostrado en el CD Nº 3 de esta obra.

Manuales Didácticos:

Estos manuales han sido pensados para brindar conocimientos adicionales sobre temas específicos como ser:

Conceptos y Postulados de la Electrónica
Modulación en Amplitud
Modulación en Frecuencia
Transmisión de Televisión

Utilitarios

Gran cantidad de utilitarios para probar y optimizar computadoras. Lea el archivo apropiado para saber cómo emplearlos.

Programa LiveWire DEMO

Programa Simulador de circuitos electrónicos especial para lectores de Saber Electrónica en su versión de evaluación.

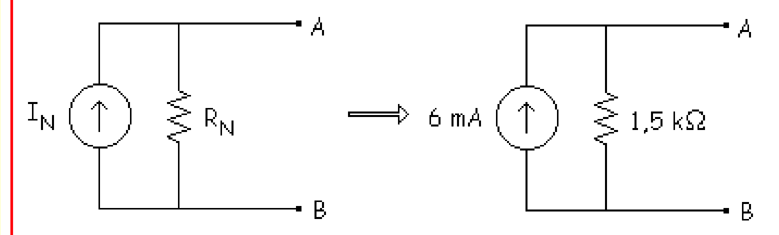


$$\left.\begin{array}{l} -72+2I_1+2\cdot(I_1-I_2)=0 \\ 2\cdot(I_2-I_1)+1I_2+2\cdot(I_2-I_3)=0 \\ 2\cdot(I_2-I_3)+1I_3+2\cdot(I_3-I_4)=0 \\ 2\cdot(I_4-I_3)+0{,}5I_4+1{,}5I_4=0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} I_1= \\ I_2= \\ I_3= \\ I_4=I_N=6\ mA \end{array}$$

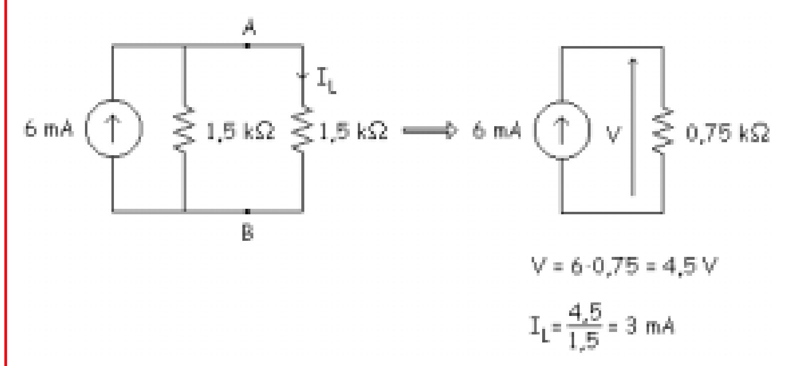
3. Se deben cortocircuitar las fuentes de tensión independientes y abrir las fuentes de corriente independientes (igual que antes) para calcular la resistencia independiente:

$$R_N=R_{Th}=1{,}5\ k\Omega$$

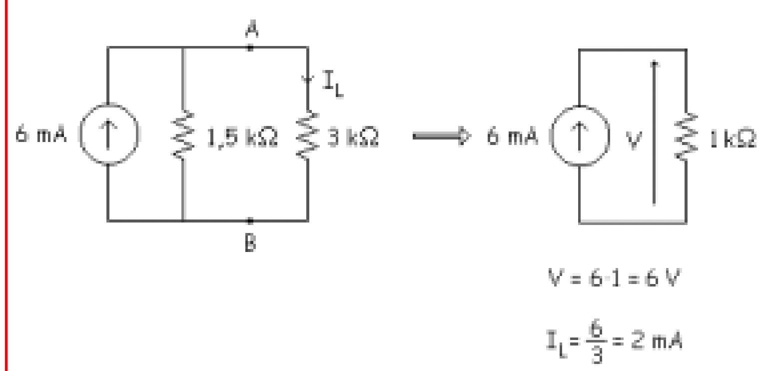
4. De esta manera, ya tenemos la resistencia equivalente y el generador "Equivalente Norton"



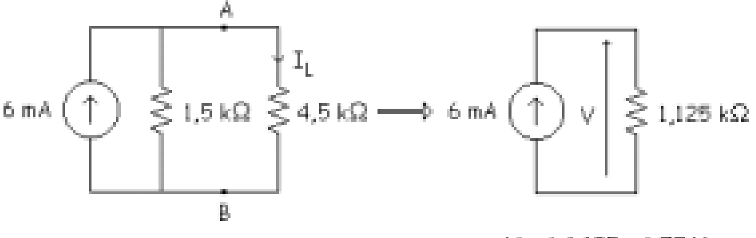
Ahora aplicando Norton es mucho más fácil resolver el problema que teníamos para calcular la corriente de salida para diferentes condiciones de carga. Veamos entonces cómo queda en cada caso:
Para una resistencia de carga RL = 1,5kΩ, tendremos:



Si ahora la resistencia de carga RL = 3kΩ, será:



Y si la resistencia de carga RL = 4k5, el cálculo será:



$$V = 6 \cdot 1{,}125 = 6{,}75\ V$$

$$I_L = \frac{6{,}75}{4{,}5} = 1{,}5\ mA$$

Note entonces que es mucho más sencillo saber cómo se comporta un circuito para diferentes condiciones de carga si se utilizan "Modelos Equivalentes".

CONTENIDO DEL CD Nº 5

La obra está dirigida a todo el público en general interesado en aprender electrónica básica y saber cómo se manejan los instrumentos (multímetro, osciloscopio, generador de funciones, inyector de señales, analizador dinámico, fuente de alimentación, etc.) pero sobre todo está orientado a estudiantes, aficionados y docentes, dado que cada tema se explica desde el comienzo, presumiendo que el lector no posee conocimientos previos de la especialidad. La Enciclopedia se complementa con CDs (éste es uno de ellos) y bibliografía adicional a la que puede acceder por Internet dirigiéndose a:

www.webelectronica.com.ar

Debe hacer click en el ícono PASSWORD y luego ingresar las claves que se dan en los CDs. El contenido del CD que acompaña a este tomo es el siguiente:

a) Un Archivo LEAME: Indispensable leer de comienzo a fin de explorar el CD con éxito
b) Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER
c) Video Presentación
d) Enciclopedia Visual, Parte 5
e) Curso de Electrónica con Prácticas, Parte 5
f) Video: Manejo del Multímetro, Parte 3
g) Manuales Didácticos:
- *g.1) Conceptos y Postulados de la Electrónica*
- *g.2) Modulación en Amplitud*
- *g.3) Modulación en Frecuencia*
- *g.4) Transmisión de Televisión*

h) 15 Diagramas Completos de Equipos Electrónicos
I) Utilitarios para PC
J) Programa LiveWire DEMO ✪

****

CONTENIDO DEL CD Nº 5

15Diagramas de Equipos Electrónicos

Diagramas eléctricos de equipos electrónicos en formato pdf que se pueden imprimir en tamaño gigante. El listado de planos incluídos en este CD es el siguiente:

Audio AIWA-MX-NH1000
Audio AIWA-NSX-A555
Audio Philips FW360
Audio Samsung MAX-345
Audio Sony CFS_B5LMK2
Monitor AOC D556T
Teléfono Panasonic T7030
Teléfono Panasonic T7033
TV Goldstar CF14A40
TV Hitachi CL2560
TV JVC AV21TE
Video Panasonic nv-sd3ee
Video Sanyo VHR-520
Video Samsung SV-211X
Video Samsung SV 415F



El Transformador
Rectificadores
Filtros
Fuentes de Alimentación
Resumen de Semiconductores

00006
9 789871 116119

Enciclopedia Visual:
Tomos 21 a 24

Curso de Electrónica con Prácticas y Evaluaciones:
Sexto Módulo

Video: Mediciones con el Osciloscopio 3

Manuales Didácticos:
El Receptor de TV - Principios de Microprocesadores
Principios de Programación - La TV Vía Satélite

Programas y Utilitarios Varios

Laboratorio Electrónico PCB Wizard DEMO

Contenido del CD

AUDIO, TV, VIDEO

Precio en: Argentina: $8,90
México $20 M.N.
Venezuela: $10,000.00
Colombia: $14,000.00
Otros Países: U$S6

ELECTRONICA

TEORIA Y PRACTICA

ISBN: 987-1116-10-1



PRESENTA

ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA

TOMO 6

Coordinado por: Ing. Horacio D. Vallejo

Sobre Bibliografía de Editorial Quark y
Curso de Electrónica Básica en Internet, Autor: Andrés Aranzabal Olea, Director de proyecto: Carmelo Alonso González, e-mail de contacto: jtpalgoc@sb.ehu.es
CURSO COMPLETO EN: http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/default.htm

Editado por:
EDITORIAL QUARK S.R.L.
Herrera 761/63 (1295) Buenos Aires, Argentina
Tel./fax: (0054-11) 4301-8804

Director: Horacio D. Vallejo

Impresión: New Press Grupo Impresor S.A., Bs. As., Argentina - enero 2003.

Distribución en Argentina: Capital: Distribuidora Cancellaro e Hijo SH, Gutenberg 3258, Buenos Aires - Interior: Distribuidora Bertrán S.A.C., Av. Vélez Sarsfield 1950, Buenos Aires
Distribución en Uruguay: Rodesol, Ciudadela 1416, Montevideo.
Distribución en México: Saber Internacional SA de CV, Cda. Moctezuma Nº 2, Esq. Av. de los Maestros, Col. Santa Agueda, Ecatepec de Morelos, Ed. México, México, (0155) 5787-8140
Distribución en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Paraguay, Chile y Centroamérica: Solicitar dirección del distribuidor al (005411)4301-8804 o por Internet a:

www.webelectronica.com.ar

(Los compradores de esta edición tienen acceso a información adicional con el password: encic6)

ISBN Obra Completa: 987-1116-10-1

Prólogo

La "Enciclopedia de Electrónica Básica", es una obra de 6 tomos acompañada de CDs MULTIMEDIA y bibliografía adicional que se puede bajar gratuitamente desde Internet con las claves dadas en diferentes párrafos de cada tomo y de los CDs.

La Enciclopedia tiene como objeto mostrar las bases, leyes y postulados de la electricidad y la electrónica además de introducir al lector en esta disciplina que abarca varias ramas ya sea en la electrónica analógica como en la digital.

Esta enciclopedia posee temas que se desarrollan también en el CD "Enciclopedia Visual de la Electrónica" y en "Teoría Servicio y Montajes". Esto es así porque los postulados de la electrónica son siempre los mismos y empleamos igual bibliografía para cada caso. Sin embargo, en la medida que avanza la obra, notará que la que está leyendo en estos momentos está dirigida a que Ud. "aprenda" electrónica mientras que "Teoría, Servicio y Montajes" está orientada a los técnicos reparadores. Por otra parte, en los CDs de esta Enciclopedia encontrará abundante material práctico que no posee la "Enciclopedia Visual". Por lo dicho, aclaramos que son tres productos creados con diferentes objetivos aunque algunos de los temas tratados sean los mismos.

Sobre Este Tomo

En el presente tomo se describen dos temas simultáneos. Mientras que en la columna destinada a realizar un resumen del texto describimos "cómo se llega a formar un diodo semiconductor", en la sección principal se detallan los bloques que constituyen a una fuente de alimentación: "transformador, rectificador y filtro".

INDICE

EL DIODO COMO RECTIFICADOR

Un conductor es un material que, en mayor o menor medida, conduce el calor y la electricidad. Son buenos conductores los metales y malos, el vidrio, la madera, la lana y el aire.

Lo que define a un buen conductor es el hecho de tener un solo electrón en la órbita de valencia (valencia 1).

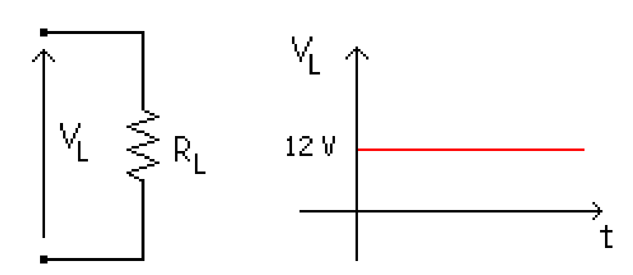
Si tenemos un campo eléctrico aplicado, los electrones libres se mueven en todas direcciones. Como el movimiento es al azar, es posible que muchos electrones pasen por unidad de área en una determinada dirección y a la vez en la dirección opuesta. Por lo tanto la corriente media es cero.

Introducción

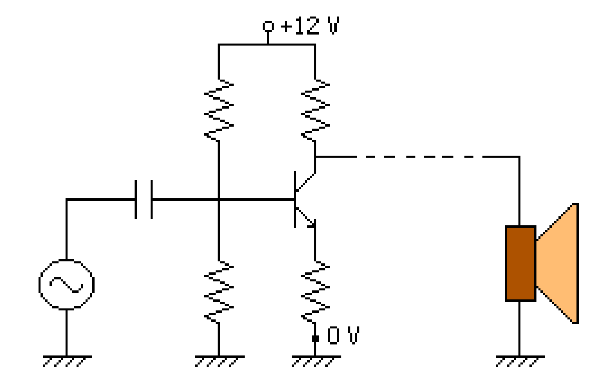
Un diodo rectificador, idealmente hablando, es un interruptor cerrado cuando se polariza en directa y un interruptor abierto cuando se polariza en inversa. Por ello, es muy útil para convertir corriente alterna en continua. En este tema analizaremos los tres circuitos rectificadores básicos.
Una vez estudiado el tema, debería ser capaz de:

** Saber cuál es la función del transformador de entrada en las fuentes de alimentación.*
** Ser capaz de dibujar el esquema de un circuito rectificador de media onda y explicar su funcionamiento.*
** Saber dibujar el esquema de un circuito rectificador de onda completa y explicar su funcionamiento.*
** Dibujar el esquema de un puente rectificador y explicar su funcionamiento.*
** Saber cómo funciona y para qué sirve un condensador de entrada como filtro dentro de la fuente de corriente.*
** Encontrar las tres características principales de un diodo rectificador en una hoja de especificaciones de un catálogo.*

¿Qué ocurre cuando se quiere alimentar un aparato cualquiera, simbolizada en el gráfico como RL ?



VL tiene que ser continua en la mayoría de los casos, por eso se alimenta en continua, un circuito típico transistorizado sería algo así:

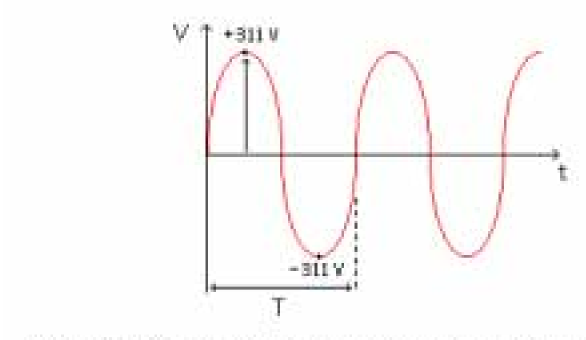


En medio del circuito tenemos transistores para amplificar y componentes asociados y por ello se tiene que alimentar en continua.

Lo más fácil sería alimentar con pilas, pero esto es caro por esa razón hay que construir algo que nos de energía más barata, esto es, una Fuente de Alimentación que toma 220V ó 110V del enchufe y transforma la alterna en continua para alimentar a un circuito.



Tenemos que diseñar la ***Fuente de Alimentación***. Partimos de una senoidal de la red eléctrica (enchufe).



220 Veficaces = 220 Vrms (root mean square, raíz cuadrática media)

$V_m = V_p$ $\qquad V_{ef} = V_m$ $\qquad V_m = V_{ef}\sqrt{2} = 220\sqrt{2} = 311\ V$

El periodo T, si tenemos 220 V y 50 Hz será:

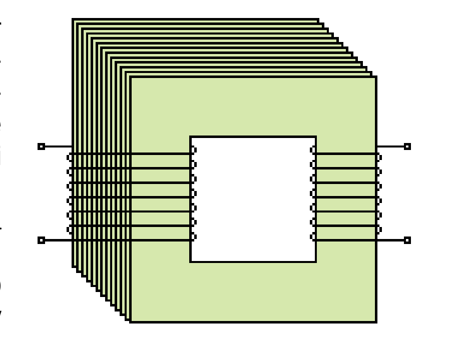
$$50\ \text{Hz} = 50\ \text{periodos / seg} = 50\ \text{ciclos / seg}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0{,}020\ \text{segundos} = 20\ \text{mseg}$$

Primero tenemos que reducir la tensión de pico de 311V a 12V y luego convertirla en continua, esto es, primero necesitamos un transformador que reduzca la tensión.

El Transformador de Salida

La tensión de la red es demasiado elevada para la mayor parte de los dispositivos empleados en circuitos electrónicos, por ello generalmente se usa un transformador en casi todos circuitos electrónicos. Este transformador reduce la tensión a niveles inferiores, más adecuados para su uso en dispositivos como diodos y transistores.



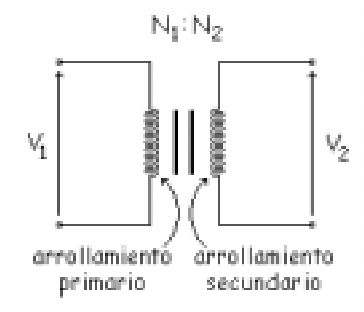
El electrón tiene una carga negativa (-1,619-19 culombios) y por tanto el "convenio" tomado para definir la corriente (contrario al movimiento de las cargas negativas) nos indica que la corriente toma el sentido de positivo a negativo (corriente convencional).

Elementos para "semiconductores" son aquellos, como el germanio y el silicio, que a bajas temperaturas son aislantes. Pero a medida que se eleva la temperatura o bien por la adicción de determinadas impurezas resulta posible su conducción. Su importancia en electrónica es inmensa en la fabricación de transistores, circuitos integrados, etc...

Los "semiconductores" tienen valencia 4, esto es 4 electrones en órbita exterior ó de valencia.

Los conductores tienen 1 electrón de valencia, los semiconductores 4 y los aislantes 8 electrones de valencia.

Un transformador es un conjunto de chapas de hierro muy juntas que tienen dos arrollamientos, uno a cada lado del conglomerado de chapas de hierro, llamado núcleo (o uno sobre el otro).
Nosotros para trabajar sobre el papel usaremos esta simbología:



N_1 = Número de espiras o vueltas del primario
N_2 = Número de espiras o vueltas del secundario

La bobina izquierda se llama "Arrollamiento Primario" y la derecha se llama "Arrollamiento Secundario". El número de vueltas en el arrollamiento primario es N1 y el del arrollamiento secundario N2. Las rayas verticales entre los arrollamientos primario y secundario indican que el conductor está enrrollado alrededor de un núcleo de hierro.
La relación entre el número de vueltas de los bobinados (arrollamientos) y la tensión es:

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

Transformador Elevador
Cuando el arrollamiento secundario tiene más vueltas que el arrollamiento primario (N2 > N1), la tensión del secundario es superior a la del primario (V2>V1), es decir, N2 : N1 es mayor que 1 (N2 : N1 > 1). Por lo tanto si N2 tiene el triple de vueltas que N1, la tensión en el secundario será el triple que la tensión en el primario.

$$\text{Como} \quad \frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} \quad \text{si} \quad N_2 > N_1 \Longrightarrow V_2 > V_1$$

A la vez que el elevador de tensión esté transformado es "Reductor de Corriente".

$$\text{Como} \quad \frac{I_2}{N_1} = \frac{I_1}{N_2} \quad \text{si} \quad N_2 > N_1 \Longrightarrow I_2 > I_1$$

Transformador reductor
Cuando el arrollamiento secundario tiene menos vueltas que el arrollamiento primario (N2 < N1), se induce una tensión menor en el secundario de la que hay en el primario. En este caso N2 : N1 sería menor que 1 (N2 : N1 < 1).

Al combinarse los átomos de Silicio para formar un sólido, lo hacen formando una estructura ordenada llamada cristal. Esto se debe a los "Enlaces Covalentes", que son las uniones entre átomos que se hacen compartiendo electrones adyacentes de tal forma que se crea un equilibrio de fuerzas que mantiene unidos los átomos de Silicio.

Cada átomo de silicio comparte sus 4 electrones de valencia con los átomos vecinos, de tal manera que tiene 8 electrones en la órbita de valencia, como se ve en la figura.

La fuerza del enlace covalente es tan grande porque son 8 los electrones que quedan (aunque sean compartidos) con cada átomo, gracias a esta característica los enlaces covalentes son de una gran solidez.

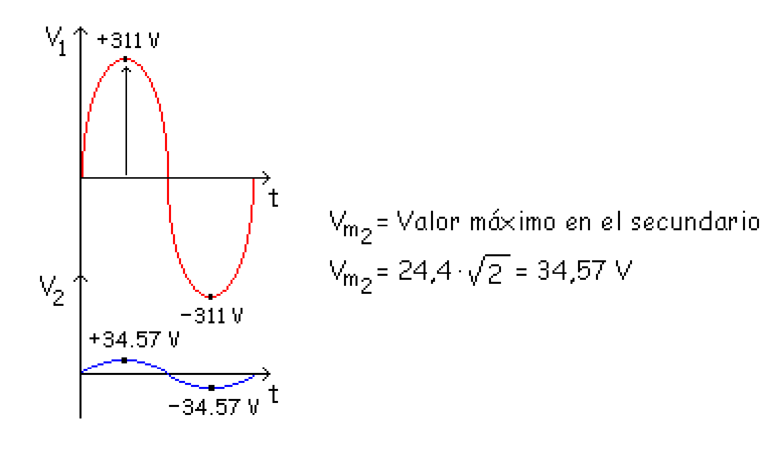
Ejemplo:

$$N_1 = 9 \quad N_2 = 1 \quad V_1 = 220\ V$$

Por cada 9 espiras en N1 hay 1 espira en N2.

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} = 220 \cdot \frac{1}{9} = 24{,}4\ V$$

Esta fórmula se cumple para V1 y V2 eficaces. Como se ha visto, ha habido una reducción muy grande.



A este tipo de transformador se le llama "Transformador Reductor" (de tensión se entiende). A la vez que reductor es elevador de corriente también.

$$N_2 < N_1 \Rightarrow V_2 < V_1$$

$$\frac{I_2}{N_1} = \frac{I_1}{N_2} \qquad N_2 < N_1 \Rightarrow I_2 < I_1$$

El aumento de la temperatura hace que los átomos en un cristal de silicio vibren dentro de él, a mayor temperatura mayor será la vibración. Con lo que un electrón se puede liberar de su órbita, lo que deja un hueco, que a su vez atraerá otro electrón, etc.

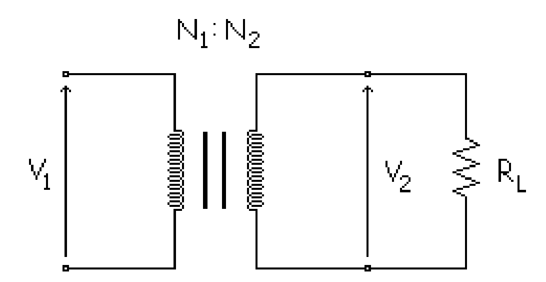
A 0 ºK, todos los electrones son "ligados". A 300 ºK (grados Kelvin) o más, aparecen electrones libres.

La unión de un electrón libre y un hueco se llama "recombinación", y el tiempo entre la creación y desaparición de un electrón libre se denomina "tiempo de vida".

Según un convenio ampliamente aceptado tomaremos la dirección de la corriente como contraria a la dirección de los electrones libres, tal como ya hemos definido.

Efecto sobre la corriente

En la figura siguiente se puede ver una resistencia de carga conectada al arrollamiento secundario, esto es, el transformador en carga:



A causa de la tensión inducida en el arrollamiento secundario, a través de la carga circula una corriente. Si el transformador es ideal (K = 1 y no hay pérdidas de potencia en el arrollamiento y en el núcleo), la potencia de entrada es igual a la potencia de salida:

***Semiconductores:* conducen los electrones (electrones libres) y los huecos (electrones ligados).**

***Conductores:* conducen los electrones libres.**

Dentro de un cristal en todo momento ocurre esto:

**** Por la energía térmica se están creando electrones libres y huecos.***
**** Se recombinan otros electrones libres y huecos.***
**** Quedan algunos electrones libres y huecos en un estado intermedio, en el que han sido creados y todavía no se han recombinado.***

Un semiconductor intrínseco es un material que hemos convenido en llamar semiconductor puro. A temperatura ambiente se comporta como un aislante porque solo tiene unos pocos electrones libres y huecos debidos a la energía térmica.

$$P_2 = P_1 \Longrightarrow V_2 \cdot I_2 = V_1 \cdot I_1$$

Si aplicamos esta ecuación:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Por lo tanto nos quedaría:

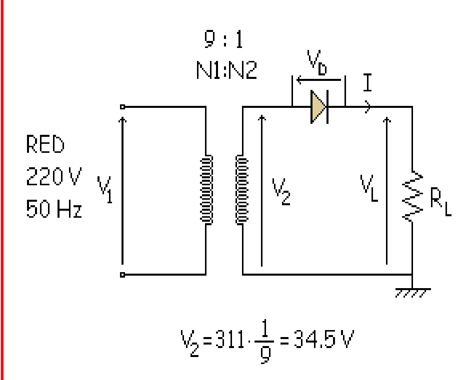
$$\frac{I_1}{N_2} = \frac{I_2}{N_1}$$

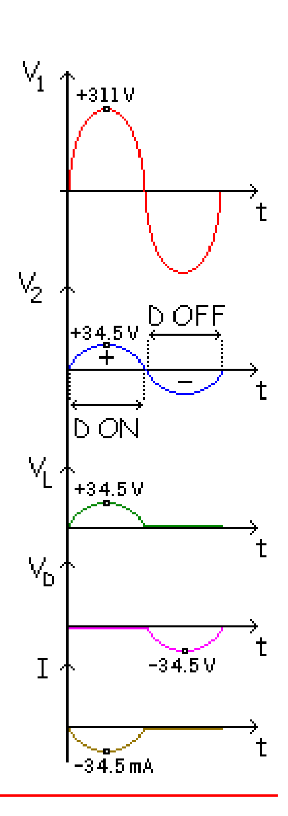
Y al final tenemos esta ecuación:

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} \cdot I_2$$

Rectificador de Media Onda

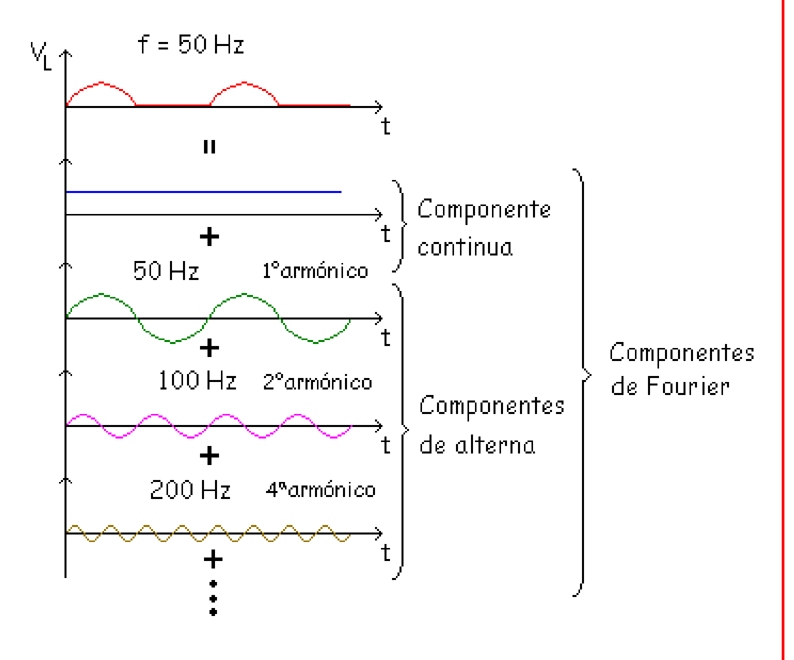
Este es el circuito más simple que puede convertir corriente alterna en corriente continua. Este rectificador lo podemos ver representado en la siguiente figura:





Las gráficas que más nos interesan son las que se dan a la derecha.
Durante el semiciclo positivo de la tensión del primario, el bobinado secundario tiene una media onda positiva de tensión entre sus extremos.
Este aspecto supone que el diodo se encuentra en polarización directa. Sin embargo, durante el semiciclo negativo de la tensión en el primario, el arrollamiento secundario presenta una onda sinusoidal negativa. Por tanto, el diodo se encuentra polarizado en inversa y no conduce.
La onda que más interesa es VL, que es la que alimenta a RL. Pero es una tensión que no tiene partes negativas, es una "Tensión Continua Pulsante", y nosotros necesitamos

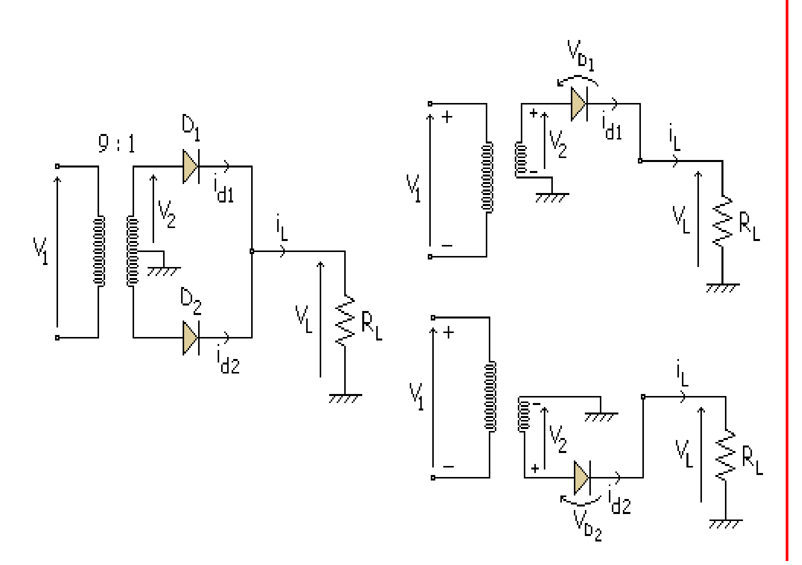
una "Tensión Continua Constante". Analizaremos las diferencias de lo que tenemos con lo que queremos conseguir.
Lo que tenemos ahora es una onda periódica, y toda onda periódica se puede descomponer en "Series de Fourier".



Lo ideal sería que sólo tuviésemos la componente continua, esto es, solo la primera componente de la onda que tenemos.
El valor medio de esa onda lo calcularíamos colocando un voltímetro en la RL. Por último diremos que este circuito es un rectificador porque "Rectifica" o corta la onda que teníamos antes, la recorta en este caso dejándonos solo con la parte positiva de la onda de entrada.

Rectificador de Onda Completa con 2 Diodos

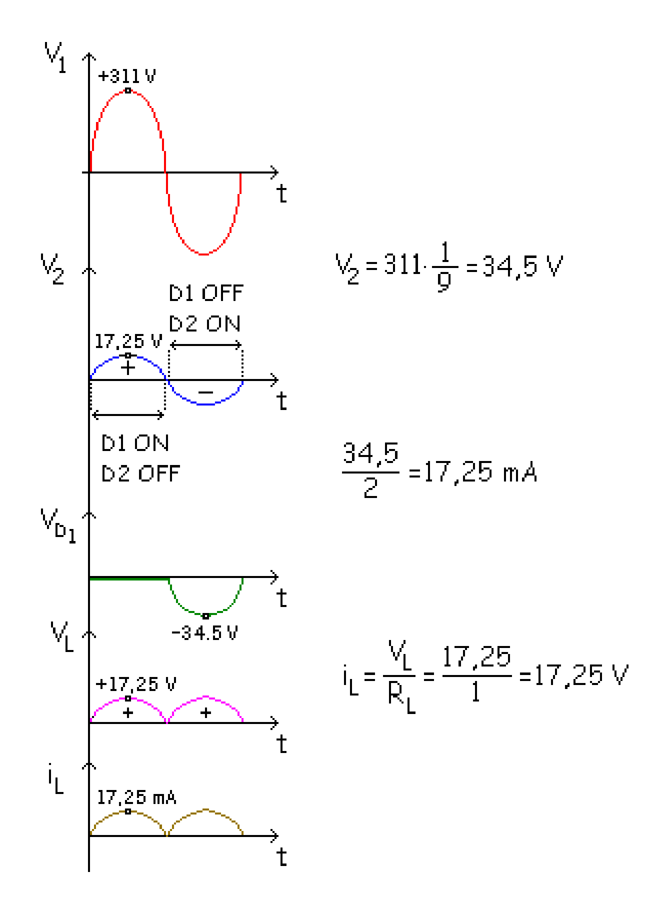
La siguiente figura muestra un rectificador de onda completa con 2 diodos:



En un semiconductor intrínseco también hay flujos de electrones y huecos, aunque la corriente total resultante sea cero. Esto se debe a que por acción de la energía térmica se producen los electrones libres y los huecos por pares, por eso hay tantos electrones libres como huecos con lo que la corriente total es cero.

Si un semiconductor está en un circuito eléctrico, cuando los electrones libres llegan al extremo del cristal, entran al conductor externo (normalmente un cable de cobre) y circulan hacia el terminal positivo de la batería. Por otro lado, los electrones libres en el terminal negativo de la batería fluirían hacia el extremo izquierdo del cristal. Así entran en el cristal y se recombinan con los huecos que llegan al extremo izquierdo del cristal. Se produce un flujo estable de electrones libres y huecos dentro del semiconductor.

Debido a la conexión en el centro del devanado secundario, el circuito es equivalente a dos rectificadores de media onda.
El rectificador superior funciona con el semiciclo positivo de la tensión en el secundario, mientras que el rectificador inferior funciona con el semiciclo negativo de tensión en el secundario.



Es decir, D1 conduce durante el semiciclo positivo y D2 conduce durante el semiciclo negativo.
Así pues la corriente en la carga rectificada circula durante los dos semiciclos.
En este circuito la tensión de carga VL, como en el caso anterior, se medirá en la resistencia RL.
Ahora la frecuencia es el doble que la de antes y el pico la mitad del anterior caso. Así la frecuencia de la onda de salida es 2 veces la frecuencia de entrada.

$$f_{sal} = 2 f_{entr}$$

Y el valor medio sale:

$$V_{cc} = \frac{2V_{P_2}}{\pi} = \frac{2 \cdot 17,25}{\pi} = 11 \text{ V}$$

Pero ésta no es la única manera de conseguir una rectificación de onda completa, veamos otro circuito:

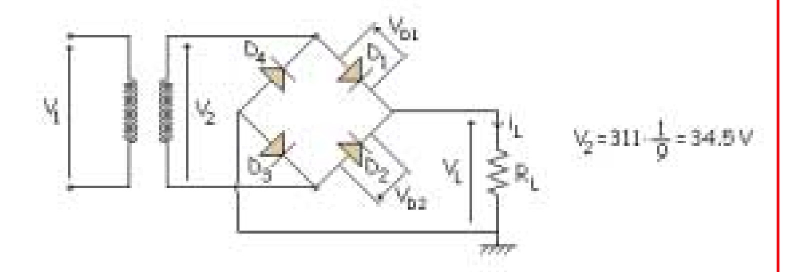
Para aumentar la conductividad (que sea más conductor) de un SC (Semiconductor), se le suele dopar o añadir átomos de impurezas a un SC intrínseco, un SC dopado es un SC extrínseco.

Se pueden poner a un semiconductor intrínseco, impurezas de valencia 5 (Arsénico, Antimonio, Fósforo). Los átomos de valencia 5 tienen un electrón de más, así con una temperatura no muy elevada (a temperatura ambiente por ejemplo), el 5º electrón se hace electrón libre. Esto es, como solo se pueden tener 8 electrones en la órbita de valencia, el átomo pentavalente suelta un electrón que será libre.

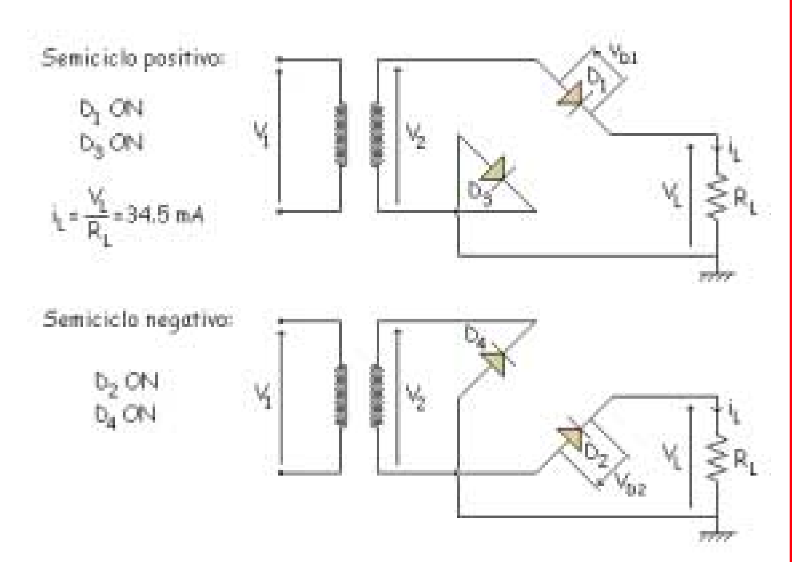
Si metemos 1000 átomos de impurezas tendremos 1000 electrones más los que se hagan libres por generación térmica (muy pocos). A estas impurezas se les llama "Impurezas Donadoras". El número de electrones libres se llama n (electrones libres/m³).

Rectificador de Onda Completa con Puente de Diodos

En la figura siguiente podemos ver un rectificador de onda completa en puente:



Mediante el uso de 4 diodos en vez de 2, este diseño elimina la necesidad de la conexión intermedia del secundario del transformador. La ventaja de no usar dicha conexión es que la tensión en la carga rectificada es el doble que la que se obtendría con el rectificador de onda completa con 2 diodos, es decir, "se aprovecha" todo el transformador, antes mientras un arrollamiento del secundario trabajaba el otro descansaba y biceversa.



Ahora, durante el semiciclo positivo de la tensión de la red, los diodos D1 y D3 conducen, esto da lugar a un semiciclo positivo en la resistencia de carga. Los diodos D2 y D4 conducen durante el semiciclo negativo, lo que produce otro semiciclo positivo en la resistencia de carga.

Mientras D1 y D2 están bien polarizados, D2 y D4 quedan en inversa (abiertos). Este estado se revierte para el otro semiciclo de la señal de entrada.

El resultado es una señal de onda completa en la resistencia de carga pero rectificada, es decir, ahora todos los semiciclos tienen la misma polaridad.

Como podremos apreciar en las formas de onda de la siguiente figuras, hemos obtenido la misma onda de salida VL que en el caso anterior (rectificador con punto medio).

La diferencia más importante es que la tensión inversa que tienen que soportar los diodos es la mitad de la que tienen que soportar los diodos en un rectificador de onda completa con 2 diodos, con lo que se reduce el costo del circuito.

Podemos "dopar" a un semiconductor intrínseco con impurezas de valencia 3 (Aluminio, Boro, Galio). Los átomos de valencia 3 tienen un electrón de menos, entonces como nos falta un electrón tenemos un hueco. Esto es, ese átomo trivalente tiene 7 electrones en la órbita de valencia. Al átomo de valencia 3 se le llama "átomo trivalente" o "Aceptor".

A estas impurezas se les llama "Impurezas Aceptoras". Hay tantos huecos como impurezas de valencia 3 y sigue habiendo huecos de generación térmica (muy pocos). El número de huecos se llama p (huecos/m³).

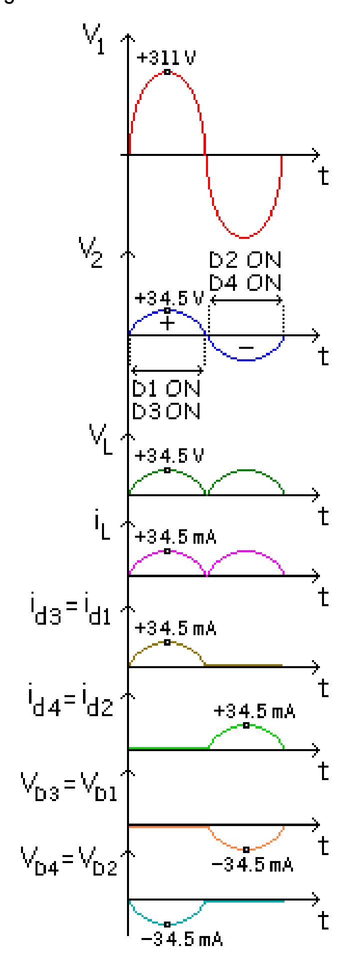
Se llaman "semiconductores extrínsecos" a los semiconductores que están dopados, esto es que tienen impurezas. Hay 2 tipos dependiendo de que tipo de impurezas tengan: tipo n y tipo p.

Un semiconductor tipo n es el que está impurificado con impurezas "Donadoras", que son impurezas pentavalentes. Como los electrones superan a los huecos en un semiconductor tipo n, reciben el nombre de "portadores mayoritarios", mientras que a los huecos se les denomina "portadores minoritarios".

Al aplicar una tensión al semiconductor tipo n, los electrones libres dentro del semiconductor se mueven hacia la izquierda y los huecos lo hacen hacia la derecha. Cuando un hueco llega al extremo del cristal, uno de los electrones del circuito externo entra al semiconductor y se recombina con el hueco.

Los electrones libres circulan hacia el otro extremo del cristal, donde entran al conductor y fluyen hacia el positivo de la batería.

Las gráficas correspondientes al rectificador de onda completa con puente de diodos son las siguientes:



Ahora bien, con los s que colocar ahora “algo” que nos permita obtener una tensión “constante”.

FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Introducción

Una fuente de alimentación es aquella que entrega una tensión de corriente continua constante a partir de la tensión de la red eléctrica.
Las fuentes de alimentación poseen siempre un circuito rectificador que convierte la tensión alterna en continua y un filtro que hace que la corriente variable se convierta en una corriente constante.
Además, las fuentes de alimentación pueden ser

** No reguladas*
** Reguladas*

Las fuentes reguladas entregan “siempre” una tensión constante por más que varíe la carga, la tensión de red o algún otro parámetro.
A su vez, las fuentes pueden ser “conmutadas” con el objeto de obtener un mayor rendimientto y obviar el transformador reductor, que suele ser pesado y costoso.
En este tomo nos encargaremos de explicar el funcionamiento de las fuentes reguladas con filtros pasivos.

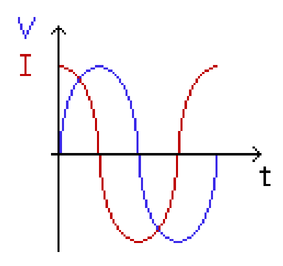
Filtro por Capacitor

La misión de los rectificadores es transformar la tensión alterna en tensión continua, pero solamente con los rectificadores no obtenemos la tensión continua constante deseada. En este instante entra en juego el filtro por condensador.
Conociendo las características de un capacitor, y viendo su capacidad de almacenamiento de energía, lo podemos utilizar como filtro para alisar la señal que obtenemos en la salida.

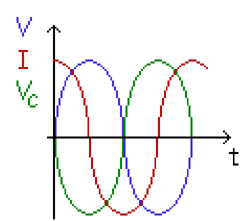
Capacitor

Como se ha dicho, el condensador es un elemento que almacena energía. Este elemento se opone a las variaciones bruscas de la tensión que se le aplica. Se representa con la letra C y su unidad es el Farad o Faradio (F).

Una capacidad (o condensador) pura adelanta la intensidad 90º con respecto a la tensión aplicada entre sus bornes.



Cuando la tensión aplicada entre los bornes del condensador aumenta, en el condensador se crea una diferencia de potencial de signo contrario a la aplicada entre los bornes oponiéndose así a la variación brusca de la tensión.



Carga de un condensador a través de una resistencia

Cuando un capacitor se carga a través de una resistencia, el tiempo de carga dependerá del valor de los componentes, el circuito y las ecuaciones resultantes de él son éstas:

Un semiconductor tipo P es el que está impurificado con impurezas "Aceptoras", que son impurezas trivalentes. Como el número de huecos supera el número de electrones libres, los huecos son los portadores mayoritarios y los electrones libres son los minoritarios.

Al aplicarse una tensión, los electrones libres se mueven hacia la izquierda y los huecos lo hacen hacia la derecha. En un circuito, los huecos que llegan a un extremo del cristal se recombinan con los electrones libres del circuito externo.

En el circuito hay también un flujo de portadores minoritarios. Los electrones libres dentro del semiconductor circulan de positivo a negativo de la batería del circuito. Como hay muy pocos portadores minoritarios, su efecto es casi despreciable en este circuito.

Los semiconductores tipo p y tipo n separados no tienen mucha utilidad, pero si un cristal se dopa de tal forma que una mitad sea tipo n y la otra mitad de tipo p, esa unión pn tiene unas propiedades muy útiles y entre otras cosas forman los "Diodos".

El átomo pentavalente en un cristal de silicio (Si) produce un electrón libre y se puede representar como un signo "+" encerrado en un círculo y con un punto relleno (que sería el electrón) al lado.

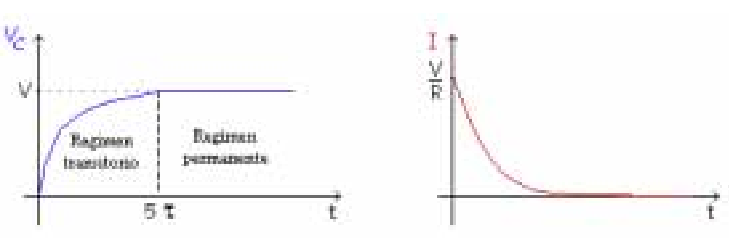
El átomo trivalente sería un signo "-" encerrado en un círculo y con un punto sin rellenar al lado (que simbolizaría un hueco).

$V = V_0 \text{ sen } wt$

$$V_C(t) = V \cdot \left(1 - e^{\frac{-t}{R \cdot C}}\right)$$

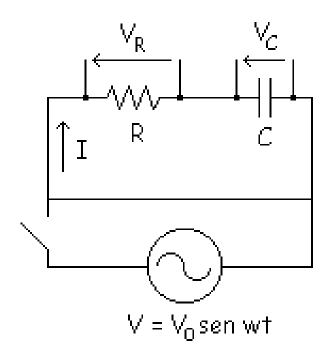
$$I = C \cdot \frac{dV_C}{dt} = \frac{V}{R} \cdot e^{\frac{-t}{R \cdot C}}$$

La constante de tiempo τ es el tiempo necesario para que el condensador se cargue aproximadamente al 63% de la tensión de la fuente. A efectos prácticos, el condensador se supone cargado al cabo de 5τ. Las gráficas son las siguientes:



__*Descarga de un condensador a través de una resistencia*__

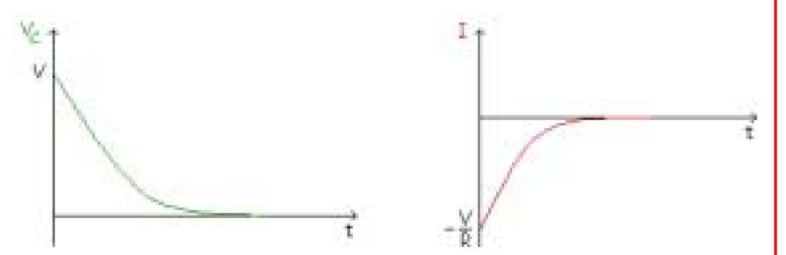
El circuito con sus ecuaciones son:



$$V_C(t) = V \cdot e^{\frac{-t}{R \cdot C}}$$

$$I = C \cdot \frac{dV_C}{dt} = -\frac{V}{R} \cdot e^{\frac{-t}{R \cdot C}}$$

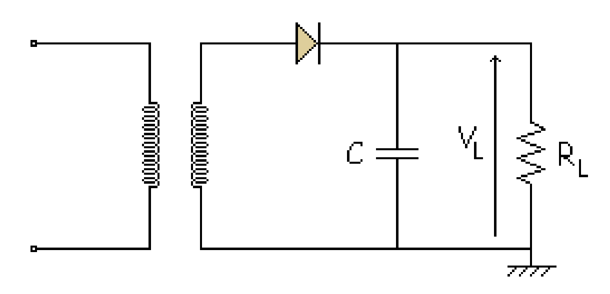
Las gráficas que señalizan la descarga de un capacitor a través de una resistencia son las siguientes:



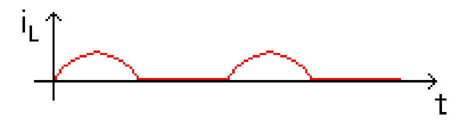
Nuestro objetivo es convertir la onda que tenemos ahora (continua pulsante) en una onda continua constante. Para esa conversión pondremos un condensador en los rectificadores analizados anteriormente.

Fuente con Rectificador de Media Onda y Filtro a Capacitor

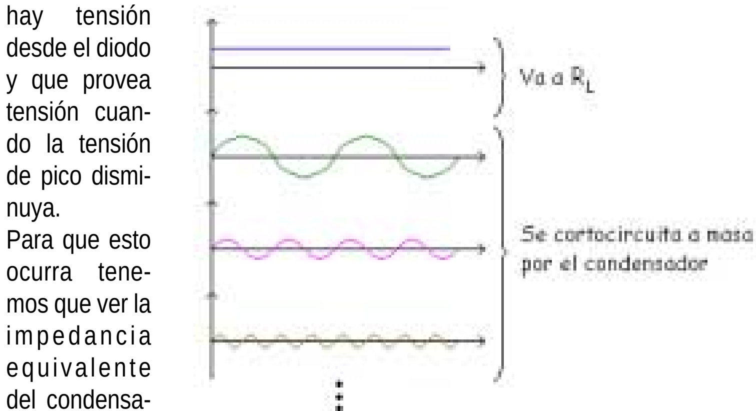
El circuito de un rectificador con filtro de este tipo es el siguiente:



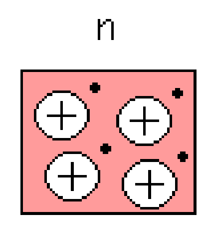
Antes de empezar a hacer cálculos vamos a ver un concepto.
Primeramente vamos a ver qué ocurre en ese circuito sin capacitor. En este caso la forma de onda de la intensidad es igual a la tensión en la resistencia.



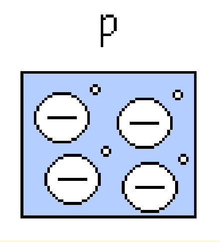
El objetivo del C es desviar parte de la corriente por él, para que sólo vaya por la RL la componente continua de Fourier y el resto se cortocircuite a masa a través del condensador. Dicho de otra forma, que el capacitor "se cargue" cuando hay tensión desde el diodo y que provea tensión cuando la tensión de pico disminuya.
Para que esto ocurra tenemos que ver la impedancia equivalente del condensa-



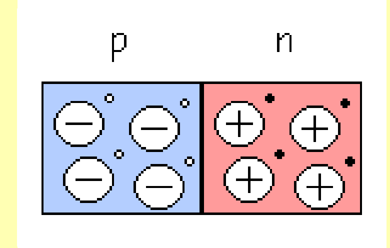
La representación de un Semiconductor tipo n sería:



La representación de un Semiconductor tipo p sería:



La unión de las regiones p y n será:



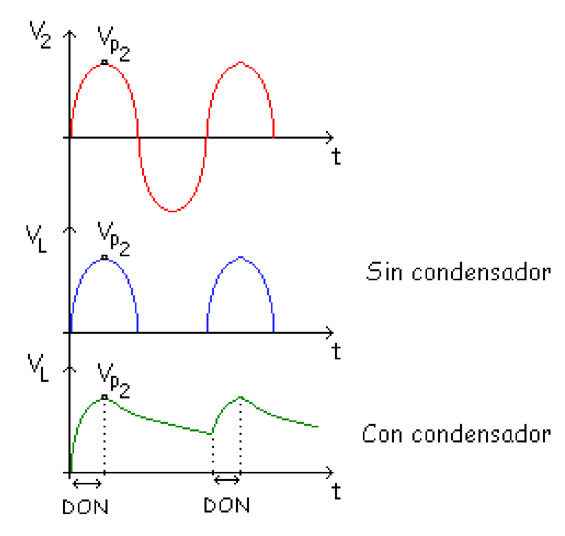
dor, y ver así como afectan los diferentes valores de la frecuencia a esta impedancia.

$Z = \frac{1}{2\pi f C}$

f = 0 Hz	$Z = \frac{1}{2\pi f C} = \infty$	Circuito abierto en continua, todo va a la carga
f = 50 Hz	$Z = \frac{1}{2\pi f C}$	Depende de la capacidad
f = 100 Hz	$Z = \frac{1}{2\pi f C}$	Aunque dependa de la capacidad no es tan problemático como el de 50 Hz porque es un valor mayor
f = 200 Hz	$Z = \frac{1}{2\pi f C}$	Va aumentando

Como se ve, el valor de frecuencia más problemático es el de 50Hz, ya que es el que más depende de la capacidad, y por lo tanto el que tiene un mayor valor de la impedancia. Si se consigue que a la frecuencia de 50Hz tengamos un valor aceptable de la impedancia, para el resto de las frecuencias funcionará bien (lo dicho también es valido para países con 60Hz de frecuencia de red, ya que ése es un valor bajo de frecuencia).

Las ondas que tendríamos con y sin C serán estas, comparadas con la onda del secundario:



Al añadir el C hay modificaciones en el comportamiento del circuito. Veamos los pasos que se dan:

** Inicialmente el C es un cortocircuito, y al conectar el circuito a la red C se carga a la tensión de pico VP2. Se cargará al ritmo del transformador porque el diodo es ideal, con lo que es un cortocircuito.*

** Cuando el C se ha cargado del todo a VP2, a partir del valor máximo, el D entra en inversa y deja de conducir (D conduce hasta VP2), con lo que empieza a disminuir el valor de la tensión de salida.*

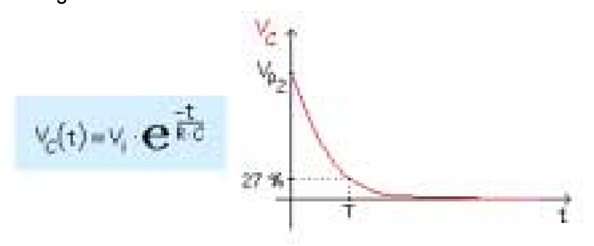
0 V...Vp2 — 0 V...Vp2 → Vp2 — VL — RL

Al juntar las regiones tipo p y tipo n se crea un "Diodo de unión" o "Unión pn".

Al haber una repulsión mutua, los electrones libres en el lado n se dispersan en cualquier dirección. Algunos electrones libres se difunden y atraviesan la unión, cuando un electrón libre entra en la región p se convierte en un portador minoritario y el electrón cae en un hueco, el hueco desaparece y el electrón libre se convierte en electrón de valencia. Cuando un electrón se difunde a través de la unión crea un par de iones, en el lado n con carga positiva y en el p con carga negativa.

Las parejas de iones positivo y negativo se llaman dipolos, al aumentar los dipolos la región cerca de la unión se vacía de portadores y se crea la llamada "Zona de deplexión".

Una vez cargado C, y al tener más tensión que la que entrega el diodo, ahora se descargará el C a través de RL.



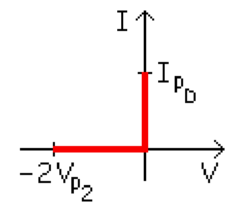
Constante de tiempo: $T = R_L \cdot C$ a 5T supondremos descargado a cero

El C se va descargando hasta igualarse al valor de VL, entonces el D pasa a ON con lo que se vuelve a cargar hasta VP2 y se repite el proceso.

Mientras el C se carga, D conduce (D está en ON) y mientras C se descarga D tiene una tensión menor que VP2 y hasta “no conduce” (D en OFF).
Ahora el D está en ON en menos tiempo que antes y las corrientes son muy grandes porque el C se carga en poco tiempo.
En poco tiempo necesita mucha energía, por lo tanto la intensidad es grandísima, y el resto del tiempo el D no conduce.

La tensión máxima entre extremos del diodo se dá cuando no conduce, es decir, cuando está en inversa. En ese instante, la tensión será:

$$V_D = V_2 - V_L = -V_{P_2} - V_{P_2} = -2V_{P_2}$$



A ese valor máximo de tensión en inversa se le llama "Tensión Inversa de Pico del Diodo".
El cálculo de IPD ("Intensidad de Pico del Diodo") es muy difícil de calcular, hay que resolverlo por iteraciones y esto es muy largo por ello lo haremos con aproximaciones.

Aproximaciones
** 1ª Aproximación (diodo ideal)*
Sea la gráfica de carga y descarga de la siguiente figura:

Los dipolos en un diodo tienen un campo eléctrico entre los iones positivo y negativo, y al entrar los electrones libres en la zona de deplexión, el campo eléctrico trata de devolverlos a la zona n. La intensidad del campo eléctrico aumenta con cada electrón que cruza hasta llegar al equilibrio.

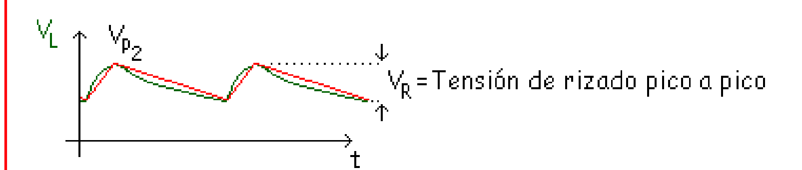
El campo eléctrico entre los iones es equivalente a una diferencia de potencial llamada "Barrera de Potencial" que a 25 ºC vale:

**** 0.3 V para diodos de Ge.***
**** 0.7 V para diodos de Si.***

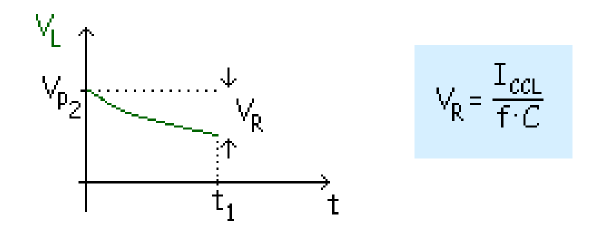
Polarizar: *Poner una pila.*

No polarizado: *No tiene pila, circuito abierto o en vacío.*

z.c.e.: *Zona de Carga Espacial o zona de deplexión (W).*



Como se ve en el dibujo la primera aproximación consiste en “asimilarlo” a rectas y así lo convertimos en lineal.
Para calcular el valor del rizado, vemos la descarga del condensador que es un exponencial hasta t1 (ese valor de t1 lo hemos calculado anteriormente por iteraciones), y al final después de hacer integrales tomando la intensidad constante se llega a un valor del rizado de:



$$V_R = \frac{I_{CCL}}{f \cdot C}$$

Debemos recordar que:

Sin condensador $V_{cc} = \frac{2V_{P_2}}{\pi}$

Con condensador $V_{cc} = V_{P_2} - \frac{V_R}{2}$

** 2ª Aproximación*

$V_{P_L} = V_{P_2} - 0{,}7$ $\quad V_{cc} = V_{P_2} - 0{,}7 - \frac{V_R}{2}$

** 3ª Aproximación*

$V_{P_L} = V_{P_2} - 0{,}7 - I\,r_B$ ← se suele despreciar etc...

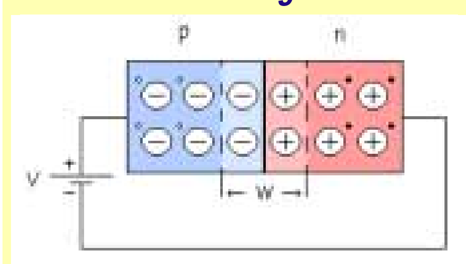
Normalmente usaremos la 1ª aproximación (ideal) o la 2ª aproximación.

¿Qué nos conviene, capacidades grandes o pequeñas ?
Si la C (capacidad) es muy grande el condensador se descarga más lentamente y tenemos menos tiempo para cargar el condensador, por lo tanto la intensidad de pico del diodo es muy grande y si es pequeño el ripple o rizado es grande.

Conclusión: Lo mejor es un C grande pero hay que tener cuidado con el D porque tiene que sufrir valores de pico mayores.
Esto significa que para obtener una buena fuente de alimentación no es cuestión de colocar el capacitor lo más grande que encontremos dado que podríamos perjudicar al diodo.

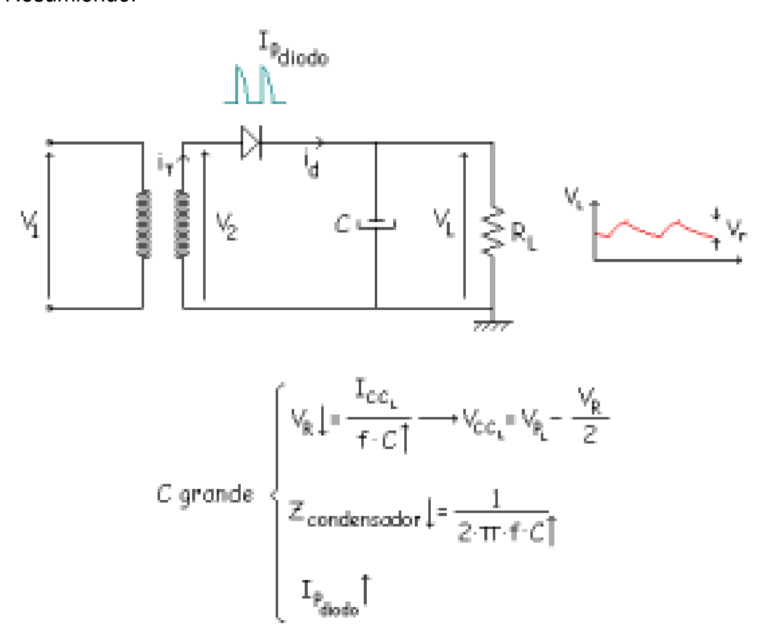
Si el terminal positivo de la fuente está conectado al material tipo p y el terminal negativo de la fuente está conectado al material tipo n, diremos que estamos en "Polarización Directa".

Un diodo polarizado en sentido directo tiene la siguiente forma:

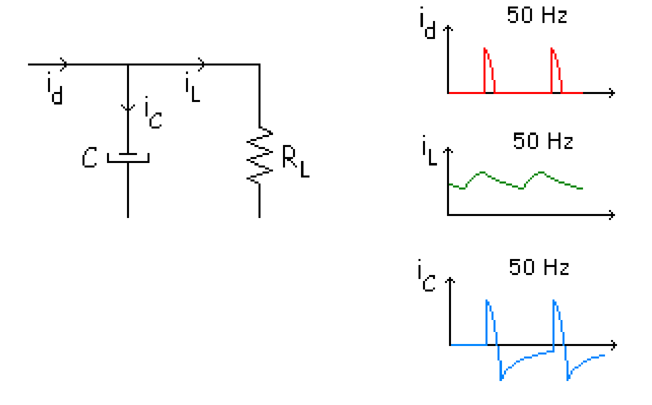


En este caso tenemos una corriente que circula con facilidad, debido a que la fuente obliga a que los electrones libres y huecos fluyan hacia la unión. Al moverse los electrones libres hacia la unión, se crean iones positivos en el extremo derecho de la unión que atraerán a los electrones hacia el cristal desde el circuito externo.

Resumiendo:



Intensidades



En la gráfica del diodo se ve que el área de arriba y el de abajo son iguales, por lo tanto. el valor medio de la intensidad es cero, entonces:

ICCD = ICCL

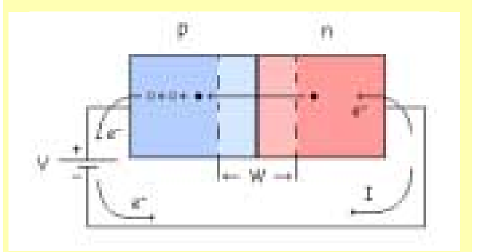
Con esto el pico de intensidad que tiene que aguantar el diodo es grandísimo, el diodo sufre mucho

Fuente con Rectificador de Onda Completa y Filtro a Capacitor

En esta fuente, el diodo D1 conduce en el semiciclo positivo de la señal de entrada y permite la carga el C. El D2 conduce en el semiciclo negativo y también carga el C.

Esto significa que ahora el capacitor tiene más "energía de carga" con lo cual va a poder entregar a la carga una tensión continua constante sin ne-

Así los electrones libres pueden abandonar el terminal negativo de la fuente y fluir hacia el extremo derecho del cristal. El sentido de la corriente lo tomaremos siempre contrario al del electrón:

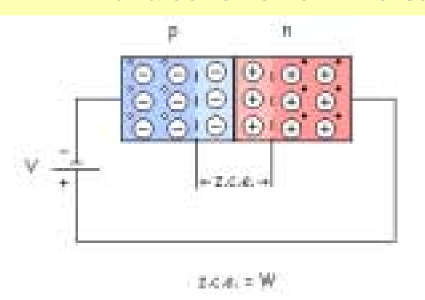


Lo que le sucede al electrón: Tras abandonar el terminal negativo de la fuente entra por el extremo derecho del cristal. Se desplaza a través de la zona n como electrón libre.

En la unión se recombina con un hueco y se convierte en electrón de valencia. Se desplaza a través de la zona p como electrón de valencia. Tras abandonar el extremo izquierdo del cristal fluye al terminal positivo de la fuente.

Si se invierte la polaridad de la fuente de continua, el diodo se polariza en inversa, el terminal negativo de la batería conectado al lado p y el positivo al n, esta conexión se denomina "Polarización Inversa".

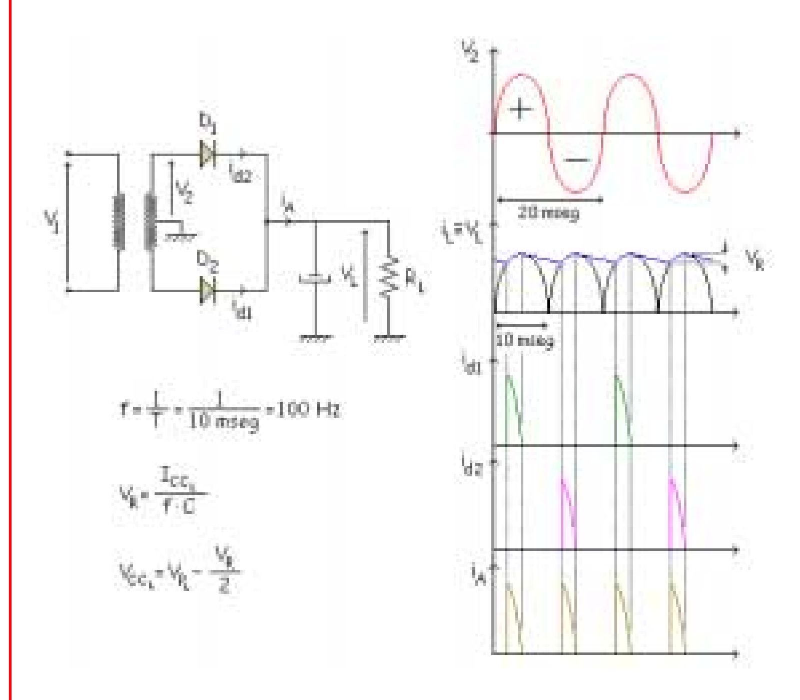
En la siguiente figura se muestra una conexión en inversa:



El terminal negativo de la batería atrae a los huecos y el terminal positivo atrae a los electrones libres, así los huecos y los electrones libres se alejan de la unión y la z.c.e. se ensancha.

A mayor ancho de la z.c.e. mayor diferencia de potencial, la zona de deplexión deja de aumentar cuando su diferencia de potencial es igual a la tensión inversa aplicada (V), entonces los electrones y huecos dejan de alejarse de la unión.

cesidad de que tenga un gran valor y así tampoco será muy grande la intensidad de pico que circula por los diodos.

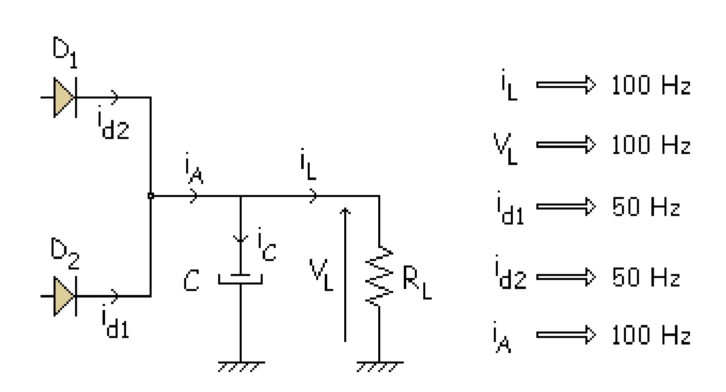


Para obtener la fórmula (VCCL) procedemos de la misma forma que antes, aproximamos a una señal triangular, y sale la misma fórmula.
Las conclusiones de lo que nos conviene son las mismas de antes:

$$C \text{ grande} \begin{cases} V_R \downarrow = \dfrac{I_{CC_L}}{f \cdot C \uparrow} \longrightarrow V_{CC_L} \uparrow = V_{P_L} - \dfrac{V_R}{2} \\ Z_{condensador} \downarrow = \dfrac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \uparrow} \end{cases} \text{Ventajas}$$

$$I_{P_{diodo}} \uparrow \quad \text{Desventajas}$$

Intensidades



Como en el caso anterior la intensidad media por el condensador es cero:

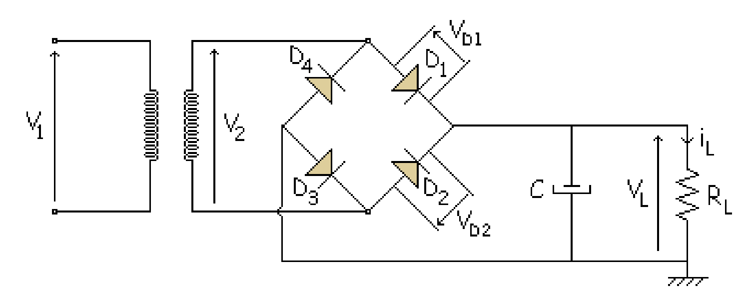
ICCA = ICCL

$$I_{CCD1} = \frac{I_{CCA}}{2} = \frac{I_{CCL}}{2}$$

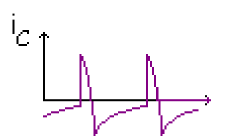
Como hemos dicho, en este caso la intensidad que tienen que "aguantar" los diodos es la mitad que en el caso anterior.

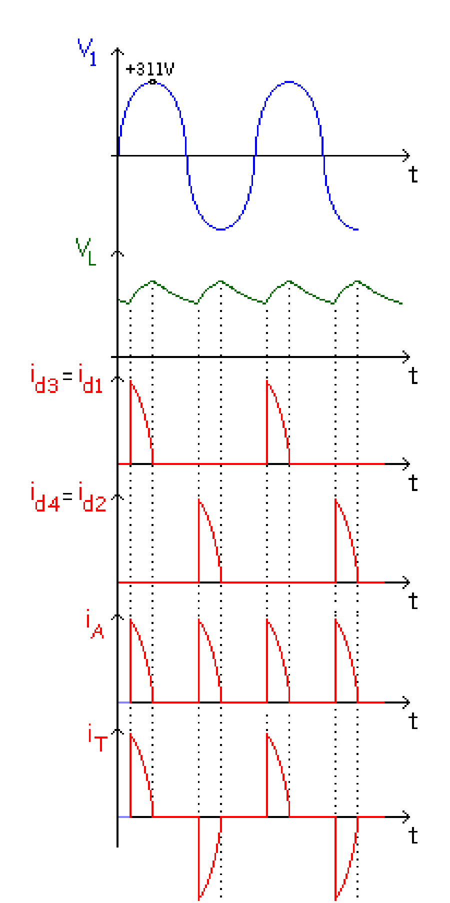
Fuente con Rectificador de Onda Completa en Puente y Filtro a Capacitor

Tenga en cuenta que en las tres configuraciones, el capacitor se coloca siempre en paralelo con la RL. El circuito y las gráficas son las siguientes:



Es parecido al anterior, conducen D1 y D3 en el semiciclo positivo y conducen D2 y D4 en el semiciclo negativo. En el transformador el mismo bobinado es recorrido "siempre" por corriente, entonces tiene que soportar toda la intensidad, pero a veces hacia arriba y otras hacia abajo. Hay que diseñar el bobinado secundario para que "aguante" esos picos positivos y negativos.
En cuanto al capacitor, aplica lo visto en el ejemplo anterior para fuente con dos diodos.





La única diferencia está en la iT y la VIP (tensión

En un diodo con polarización inversa existe una pequeña corriente en polarización inversa, porque la energía térmica crea continuamente pares electrón-hueco, lo que hace que haya pequeñas concentraciones de portadores minoritarios a ambos lados, la mayor parte se recombina con los mayoritarios pero los que están en la z.c.e. pueden vivir lo suficiente para cruzar la unión y tenemos así una pequeña corriente.

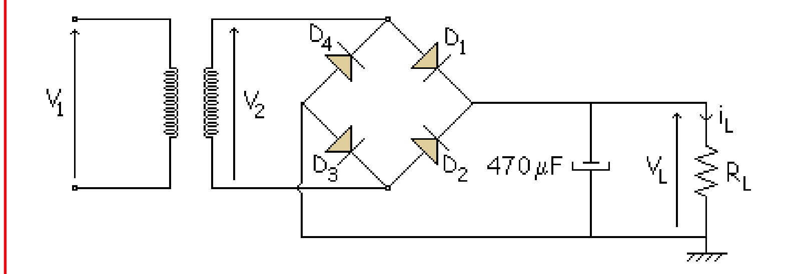
La zona de deplexión empuja a los electrones hacia la derecha y el hueco a la izquierda, se crea así una "Corriente Inversa de Saturación"(IS) que depende de la temperatura.

Además hay otra corriente "Corriente Superficial de Fugas" causada por las impurezas del cristal y las imperfecciones en su estructura interna. Esta corriente depende de la tensión de la pila (V ó VP).

inversa de pico), tal como se puede apreciar en el diagrama de señales de la página anterior.

La tensión inversa de pico (VIP) solo tiene que aguantar VP2 y no el doble de este valor como en el caso anterior.

Ejemplo:



Calculamos todo lo que hemos visto en la teoría:

$$V_{P_1} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311\ V$$

$$V_{P_2} = 311 \cdot \frac{1}{9{,}45} = 33\ V$$

$$V_{P_L} = 33 - 2 \cdot 0{,}7 = 31{,}6\ V$$

Debemos tener en cuenta que las leyes de Kirchoff se cumplen para valores medios, con valores eficaces no se cumple (con ondas senoidales).

$$V_{CC_L} = 31{,}6 - \frac{V_{CC_L}}{2}$$

El valor medio de la corriente en la carga será:

$$I_{CC_L} = \frac{V_{CC_L}}{1000} = \frac{31{,}6 - \frac{V_R}{2}}{1000}$$

El valor del ripple o rizado es:

$$V_R = \frac{I_{CCL}}{f \cdot C} = \frac{\frac{31{,}6 - \frac{V_R}{2}}{1000}}{100 \cdot 470 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \text{Resolviendo} \Rightarrow V_R = 0{,}665\ V$$

$$\text{Valor mínimo} \Rightarrow 31{,}6 - 0{,}665 = 30{,}935\ V$$

Los diodos admiten unos valores máximos en las tensiones que se les aplican, existe un límite para la tensión máxima en inversa con que se puede polarizar un diodo sin correr el riesgo de destruirlo denominado "tensión de ruptura" (IR).

A la tensión en la que la IR aumenta de repente, se le llama "Tensión de Ruptura" (VRuptura). A partir de este valor IR es muy grande y el diodo se estropea. En el diodo ha ocurrido el "Efecto Avalancha" o "Ruptura por Avalancha".

Justo en el límite antes de llegar a Ruptura, la pila va acelerando a los electrones. Y estos electrones pueden chocar con la red cristalina, con los enlaces covalentes. Choca el electrón y rebota, pero a VRuptura la velocidad es muy grande y por ello la Ec es tan grande que al chocar cede energía al electrón ligado y lo convierte en libre. El electrón incidente sale con menos velocidad que antes del choque. O sea, de un electrón libre obtenemos dos electrones libres.

Estos 2 electrones se aceleran otra vez, pueden chocar contra otro electrón de un enlace covalente, ceden su energía... y se repite el proceso y se crea una Multiplicación por Avalancha.

El condensador se descargará hasta ese valor mínimo.

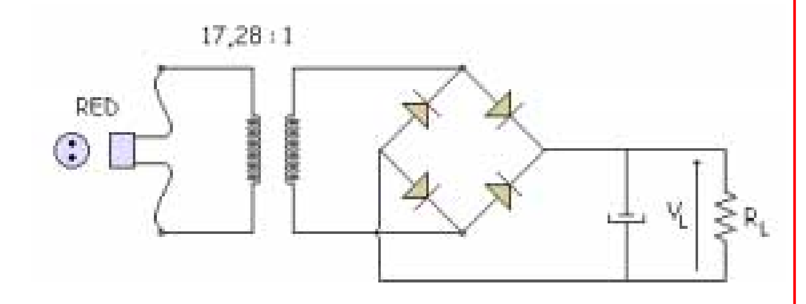
$$V_{cc_L} = 31,6 - \frac{0,665}{2} = 31,27\ V$$

$$I_{cc_L} = \frac{V_{cc_L}}{1000} = \frac{31,27}{1000} = 31,27\ mA$$

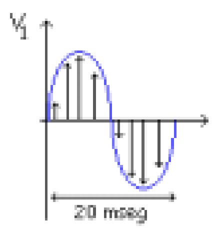
El valor medio del diodo es:

$$I_{cc_D} = \frac{I_{cc_L}}{2} = 15,635\ mA$$

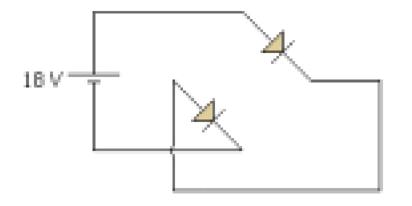
La Corriente Inicial en un Rectificador



En el instante en que se conecta el circuito a la red, el condensador del filtro, que inicialmente está descargado, actúa como un cortocircuito; por lo tanto, la corriente inicial de carga del condensador puede llegar a ser muy grande. A esta corriente se le llama "Corriente Inicial".
Si tenemos la onda senoidal de la red:



Al conectar el circuito a la red puede tomarse cualquier valor de la onda senoidal, no se sabe, porque al ser senoidal va variando de valores continuamente. En todo los casos en que se tomen tiene que funcionar bien, siendo los peores casos los valores máximos y mínimos. Si por ejemplo se toma el valor máximo que es 311V entonces en VP2 = 18V (311V / 17,28) y es como si tuviéramos una pila en el secundario de 18V. Conducen D1 y D3.



Es como una pila que está cortocircuitada, así hay una intensidad muy grande que podría

CONTENIDO DEL CD Nº 6

Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER

Estos programas son indispensables para explorar el CD, ver los archivos de texto que contiene y visualizar los videos. Si no están instalados en su PC hágalo cuando el CD se lo pregunte.

Video Presentación

En este video el Ing. Horacio Vallejo, realizador de la obra, lo guía paso a paso para que pueda explorar el CD de la forma más rápida y efectiva. Le sugerimos ver este video para obtener el mayor provecho posible.

Enciclopedia Visual Parte 6

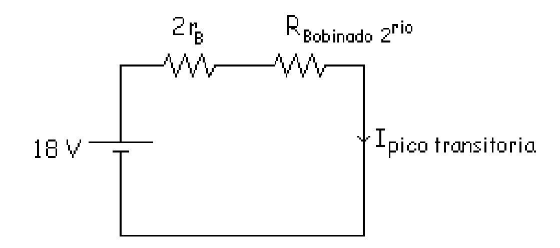
Se dan los fascículos 21 a 24 de la ENCICLOPEDIA VISUAL DE LA ELECTRONICA, obra complementaria que enseña con mayor profundidad los conceptos vertidos en cada tomo escrito de la obra.

Curso de Electrónica con Prácticas, Módulo 6

Este Curso de Electrónica es el primer sistema de enseñanza a distancia con seguimiento personal a través de Internet. El curso se compone de 14 lecciones, 5 series de prácticas y 6 evaluaciones. Los exámenes son la parte del curso (quizá la más tediosa para muchos) en la que el alumno deberá responder y si lo desea, enviar a las direcciones que se mencionan en el CD para su corrección. Sin embargo, Ud. posee la respuesta a cada examen en Internet. En cualquier momento puede realizar consultas por medio de los formularios que hemos habilitado en Internet para tal fin.
Cabe aclarar que en este CD se encuentran las lecciones 13 y 14 y Examen Nº 6. Con esta entrega se culmina el curso.

CONTINUA

quemar el cable, pero no es así, ahora hay que ver cosas que hemos despreciado anteriormente como las resistencias internas de los diodos rB (para el 1N4001: rB = 0.23Ω). Además el alambre de cobre del bobinado del secundario del transformador posee resistencia que hay que considerar también. Al final habrá una intensidad de pico transitoria de valor:



$$I_{pico\ transitoria} = \frac{Vp2}{2r_B + R_{Bobinado\ 2^{rio}}} = \frac{18}{2 \cdot 0{,}23 + 0{,}54} = 18\ A$$

Esta es una intensidad muy grande. Debemos recordar que antes había un valor medio de intensidad que era:

$$I_{CCL} = 16{,}5\ mA = 0{,}0165\ A$$

Ahora el pico es 1000 veces mayor que antes, se puede quemar el hilo de cobre, los diodos, etc... Para que esto no ocurra hay que hacer algo, vamos a analizarlo:

Anteriormente se había visto que en un diodo lo normal es que saliese esta forma de onda:

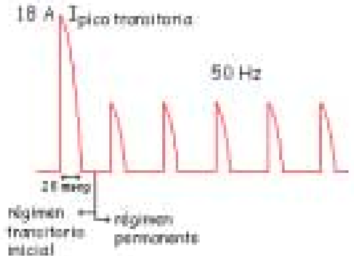
Teníamos que el valor de VL estaba entre 16,6 y 16,4. Inicialmente está a cero. El C poco a poco se irá cargando, mediante una exponencial, y al cabo de un tiempo cuando entra en zona de ripple o rizado se dice que está en "Régimen Permanente", y cuando se está cargando el C primeramente se lo llama "Régimen Transitorio". El transitorio es complicado de analizar.

La capacidad (C) del condensador influye mucho

** C grande: El intervalo de tiempo que dura el transitorio es grande, tarda en cargarse.*

** C pequeña: Se carga rápidamente.*

En el régimen permanente los picos tienen la misma altura. En el transitorio los picos son de intensidad son variables.



CONTENIDO DEL CD Nº 6

Video "Manejo del Osciloscopio 3"

Este es un video de unos 30 minutos de duración que muestra los siguientes temas:

Descripción del osciloscopio Hameg, de ancho de banda de 40MHZ doble trazo modelo HM404-2
Características y diferencias con respecto al modelo explicado en la parte anterior, dicha parte se encuentra en le CD 2 de la enciclopedia.
Descripción de controles y funciones. Como función especial se destaca que este osciloscopio permite almacenar los datos en la PC.
Mediciones de corriente continua con el osciloscopio
Mediciones de corriente alterna con el osciloscopio.
Mediciones de frecuencia con el osciloscopio.

Es continuación del video mostrado en el CD Nº 3 de esta obra.

Manuales Didácticos:

Estos manuales han sido pensados para brindar conocimientos adicionales sobre temas específicos como ser:

Funcionamiento de un Receptor de TV
La TV por Satélite
Introducción a la Programación
Introducción a los Microprocesadores

Utilitarios

Gran cantidad de utilitarios para probar y optimizar computadoras. Lea el archivo apropiado para saber cómo emplearlos.

Programa PCB Wizard DEMO

Programa Generador de Circuitos Impresos especial para lectores de Saber Electrónica en su versión de evaluación.

CONTINUA

Para C < 1000µF le da tiempo a cargarse al diodo con el primer pico. Con capacidades pequeñas en los primeros 20 mseg se ha cargado el C.
Para capacidades mayores: C > 1000µF no le da tiempo a cargarse del todo al condensador en el primer pico, ni en el segundo, sino uno tercero o posterior. La constante de tiempo del circuito que esté cargando al condensador es:

$$\tau = R \cdot C = 1\ \Omega \cdot 1000\ \mu F = 10^{-3}\ seg = 1\ mseg$$

Al llegar a t = 5 mseg se ha cargado casi todo (96%), y suponemos que se ha cargado completamente para simplificar.
En la hoja de características tenemos IFSM (oleada de corriente de pico no repetitiva, Forward surge maximum).

Ejemplo: 1N4001 IFSM = 30 A

Si el condensador se carga en 1 ciclo de red (C < 1000 µF) la corriente máxima que resistirá será de 30 A. Si tardo 2 ciclos en cargarse resistirá como mucho 24 A en el primer ciclo. Si necesita 4 ciclos para cargarse necesita 18 A como mucho.

CONTENIDO DEL CD Nº 6

La obra está dirigida a todo el público en general interesado en aprender electrónica básica y saber cómo se manejan los instrumentos (multímetro, osciloscopio, generador de funciones, inyector de señales, analizador dinámico, fuente de alimentación, etc.) pero sobre todo está orientado a estudiantes, aficionados y docentes, dado que cada tema se explica desde el comienzo, presumiendo que el lector no posee conocimientos previos de la especialidad. La Enciclopedia se complementa con CDs (éste es uno de ellos) y bibliografía adicional a la que puede acceder por Internet dirigiéndose a:

www.webelectronica.com.ar

Debe hacer click en el ícono PASSWORD y luego ingresar las claves que se dan en los CDs. El contenido del CD que acompaña a este tomo es el siguiente:

a) Un Archivo LEAME: Indispensable leer de comienzo a fin de explorar el CD con éxito
b) Programas ACROBAT READER y WINDOWS MEDIA PLAYER
c) Video Presentación
d) Enciclopedia Visual, Parte 6
e) Curso de Electrónica con Prácticas Parte 6
f) Video: Manejo del Osciloscopio, Parte 3
g) Manuales Didácticos:
- *g.1) Funcionamiento de un Receptor de TV*
- *g.2) La Tv por Satélite*
- *g.3) Introducción a la Programación*
- *g.4) Introducción a los Microprocesadores*

h) 15 Diagramas Completos de Equipos Electrónicos
I) Utilitarios para PC
J) Programa PCB Wizard DEMO ✪



CONTENIDO DEL CD Nº 6

15 Diagramas de Equipos Electrónicos

Diagramas eléctricos de equipos electrónicos en formato pdf que se pueden imprimir en tamaño gigante. El listado de planos incluídos en este CD es el siguiente:

Monitor IBM 650
VCR Samsung SV120B
Monitor AKAI 2107
TV Hitachi 1408RX
Monitor SONY CPD-L133
TV GOLDSTAR MC-51A
TV AIWA A145/A205
TV GOLDSTAR CF-20A80V
TV AIWAC201
TV HITACHI Mod. 1420
Monitor IBM 8513
TV AIWA A-207
Monitor BRIDGE BM15D
Video PHILIPS VR6470
TV LG CF14B